MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But – Une Foi

Direction Nationale des Enseignements Supérieur et de la Recherche Scientifique

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée IPR /IFRA de Katibougou

Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi Arides

ICRISAT

THEME :

Etude comparative de l'irrigation goutte à goutte à basse pression JPA et de l'arrosage manuel sur la production de la laitue en zone sahélo soudanienne du Niger

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté et soutenu par : **Saâdatou OUMAROU**

Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée IPR/IFRA de Katibougou

Spécialité: AGRONOMIE

Directeur de stage
Lennart Woltering, Irrigation Engineer,
Associate Professional Officer
ICRISAT- Niamey - Niger

Co-directeur
Pr Mamadou SANGARÉ
Enseignant à l'IPR/IFRA de Katibougou

Date de soutenance : Décembre 2008

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....I
REMERCIEMENTS.....III
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES.....IV
LISTE DES TABLEAUX.....V
LISTE DES FIGURES.....VI
RESUME.....VII

INTRODUCTION.....1

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE.....4
II. Présentation de la structure d'accueil.....4
1. Présentation de la zone d'étude 5

III. L'IRRIGATION AU NIGER 7
IV. L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE 10
V. L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE A BASSE PRESSION.....12
VI. LE SYSTEME DE JARDIN POTAGER AFRICAIN(JPA).....15
VII. LA VIABILITE ECONOMIQUE DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE 18
VIII. BIBLIOGRAPHIE SUR L'EVALUATION DES PERFORMANCES DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE PAR RAPPORT A L'ARROSAGE MANUEL.....19
IX. IMPORTANCE DE LA CULTURE DE LAITUE AU NIGER 20

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

I. OBJECTIFS ET HYPOTHESES.....24
II. MATERIEL ET METHODES.....25
1 Matériel 25
2 Méthodes.....26

III. RESULTATS ET DISCUSSION.....39
1. Hypothèse de recherche (a).....39
1-1 Main d'œuvre 39
1-2 Coûts de production.....40
2. Hypothèse de recherche (b).....42
2-1 Mauvaises herbes.....42
3. Hypothèse de recherche (c).....43
3-1 Rendement 43
3-2 Qualité du produit.....44

1. Rentabilité économique……46
4-1 Bénéfice Brut……46
4-2 Bénéfice Net……46
4-3 Bénéfice généré par la main d'œuvre, par la terre et par l'eau……47
2. Rendement agronomique global de l'eau utilisée……49

IV..CONCLUSION……50

REFFERRENCES BIBLIOGRAPHIQUES……51

ANNEXES

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais transmettre mes sincères remerciements à :

- Mr Lennart WOLTERING, Irrigation Engineer, mon superviseur à l'ICRISAT Centre Sahélien de Niamey pour avoir veillé au bon déroulement de cette étude, mais aussi pour sa grande disponibilité et son aide précieuse durant toute la période de stage.
- Pr SANGARE Mamadou, mon co-directeur de stage à l'IPR/IFRA de Katibougou, pour son encadrement et son appui pour l'aboutissement de ce document.
- Pr Dov PASTERNAK, Principal Scientist, System Agronomist, et Dr Jupiter NDJEUNGA, Principal Scientist, Agriculture Economist, à l'ICRISAT Centre Sahélien de Niamey pour leur soutien et leur encouragement pour la réalisation de cette étude.
- Issa DJIBRILLA, Moustapha AMADOU, SAIDOU Abdoussalam, ISSAKA Ousseini, Jibril et à l'ensemble du personnel de l'ICRISAT pour leur aide continuelle.
- Pr FAMANTA Mahamoudou, enseignant à l'IPR/IFRA de Katibougou pour son appui et sa disponibilité permanente.
- L'ensemble du corps professoral et administratif de l'IPR / IFRA de Katibougou pour la formation reçue.

Enfin je voudrais témoigner ma profonde gratitude à Félix AISSI et à ma famille qui m'a toujours soutenue dans toutes mes entreprises.

Liste des abréviations et sigles

AHA	Aménagements Hydro Agricoles
ANPIP	Association Nationale pour la Promotion de l'Irrigation Privée
DSA	Direction des Statistiques Agricoles
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FCM-NIYA	Fédération des Coopératives Maraîchères du Niger
IDE	International Development Entreprise
ICRISAT	Institut International de Recherche sur le Cultures des zones Tropicales Semi Arides
INS	Institut National de Statistique
JPA	Jardin Potager Africain
KARI	Kenyan Agriculture Research
MDA	Ministère du Développement Agricole
ONAHA	Office National des Aménagements Hydro-Agricoles
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PCS	Périmètre de Contre-saison
PPJPA	Projet de Promotion du Jardin Potager Africain
SIMA	Système d'Information sur les Marches Agricoles
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication

Liste des tableaux

Tableau 1. *Propriétés physiques et chimiques des échantillons de sol prélevés sur le site expérimental avant l'installation de l'essai* *25*
Tableau 2. *Intrants et techniques culturales appliquées par traitement*. *28*
Tableau 3. *Coûts d'installation de 500m² JPA* *34*
Tableau 4. *Coûts d'installation de 500m² Arrosage manuel* *35*
Tableau 5. *Coûts d'installation de 500m² Pratique Paysanne* *35*
Tableau 6. *Coûts de fonctionnement 500 m² JPA* *36*
Tableau 7. *Coûts de fonctionnement 500 m² Irrigation par Arrosoir* *36*
Tableau 8. *Coûts de fonctionnement 500m² Méthode Paysanne* *37*
Tableau 9. *Main d'œuvre utilisée pour les différentes opérations* *37*
Tableau 10. *Coûts de production de 500m² de laitue avec le JPA, l'arrosoir et la pratique paysanne* *38*
Tableau 12. *Classification du poids de laitue suivant les normes de qualité fixés* *45*
Tableau 13. Revenu Brut JPA, Arrosoir et pratique paysanne *46*

Liste des figures

Figure 1. Logo de l'ICRISAT 5
Figure 2. *Représentations de l'ICRISAT dans le monde*..... 5
Figure 3. *Carte géographique de Sadoré*..... 6
Figure 4. *Utilisation intense de main d'œuvre*.....9
Figure 5. *Méthode d'arrosage manuel*..... 9
Figure 6. *Les composantes du système d'irrigation goutte à goutte*..... 11
Figure 7. IDE bucket system 10m² 13
Figure 8. *WATERBOYS bucket system 10m²* 13
Figure 9. *IDE drum system 100m²* 14
Figure 10. *Family drip system 500m²*..... 14
Figure 11 . *Schémas du système intégré du JPA* 17
Figure 12. *Jardin Potager Africain* 17
Figure 13. *Composante du système de JPA* 17
Figure 14. *Evolution de la moyenne du prix d'un kg de laitue de 2003 à 2006* 20
Figure 15. *Laitue MAYA produite dans le système de JPA*..... 22
Figure 16. *Distribution quotidienne de la pluviométrie (mm) sur le site expérimental de Mai à Juillet*..... 26
Figure 17. *Variation de la température moyenne (°C) par décade à Sadoré de Mai à juillet*..... 26
Figure 18. *Schéma des trois parcelles de 500 m² ayant reçu les traitements (T1; T2; T3)* 29
Figure 19. *Plan de masse de l'essai* 29
Figure 20. Main d'œuvre totale utilisée 39
Figure 21. *Main d'œuvre consacré à l'irrigation*..... 40
Figure 22. *Coûts de production de la laitue*..... 41
Figure 23. *Détails des coûts de production*..... 41
Figure 24. *Poids sec des mauvaises herbes en kg*..... 42
Figure 25. *Main d'œuvre consacrée au désherbage* 42
Figure 26 .*Volume d'eau apporté par système de production* 43
Figure 27 . Rendements moyens de la production de laitue suivant les trois traitements..... 44
Figure 28. *Répartition en % de la qualité de laitue suivant les traitement*..... 45
Figure 29. . *Bénéfice Net JPA, Arrosoir, pratique paysanne*..... 46
Figure 30. *Bénéfice généré par la main d'œuvre*..... 47
Figure 31. *Bénéfice généré par la terre* 48
Figure 32. *Bénéfice généré par l'eau* 48
Figure 33 . *Rendement agronomique global de l'eau utilisée* 49

RESUME

Cette étude présente les résultats des travaux de recherche sur l'évaluation des performances agronomiques et économiques de l'irrigation goutte à goutte et de l'arrosage manuel. Les travaux ont été réalisés à la station de recherche de l'ICRISAT Centre Sahélien de Sadoré au Niger. La laitue (*Lactuca sativa* L), a été produite sur trois parcelles de 500 m² chacune, situées côte à côte. Trois traitements ont été appliqués : Traitement 1 JPA; Traitement 2 Arrosoir ; Traitement 3 Pratique paysanne. Chaque traitement est répété 4 fois dans un dispositif de randomisation totale. Les paramètres agronomiques tels que le rendement et la qualité du produit, la main d'œuvre, le volume d'eau utilisé et les mauvaises herbes ont été déterminés ; la rentabilité économique de l'irrigation goutte à goutte et de l'arrosage manuel a été évaluée.

Les résultats ont montré que le rendement obtenu au niveau du JPA est le double de la pratique paysanne, malgré la forte densité de plantation et le volume d'eau important utilisé dans la pratique paysanne. Concernant la qualité des produits, les laitues produites dans le JPA pendant la saison de pluie, sont de bonne qualité, contrairement à la pratique paysanne. D'autre part, malgré la saison de pluie, il ya eu moins de mauvaises herbes dans le JPA qu'au niveau de l'Arrosoir et de la pratique paysanne. Pour les travaux de fonctionnement, Il a été démontré que le JPA utilise 2 fois moins de main d'œuvre que l'Arrosoir et 3 fois moins que la pratique paysanne, notamment pour l'irrigation où plus 90% de main d'œuvre est économisée. Sur le plan économique, la marge bénéficiaire d'un 500 m² de laitue dans le système de JPA est le double de la marge bénéficiaire obtenue en pratiquant l'arrosage manuel.

En conclusion, il a été retenu que le JPA est 2 fois plus rentable que l'arrosage manuel du fait des faibles coûts de fonctionnement et du revenu élevé qu'il génère. Cependant, les coûts d'établissement élevés (environ le double de l'arrosage manuel), constituent une contrainte à l'adoption de la technologie. C'est pourquoi, il a été recommandé de mettre à la disposition des producteurs, des subventions et crédits agricoles pour permettre la diffusion à grande échelle du système JPA.

INTRODUCTION

Le Niger, situé au centre de la zone Soudano Sahélienne de l'Afrique de l'Ouest, présente un climat aride caractérisé par une pluviométrie allant de 250 à plus de 500 mm par an (FAO, 2005). Avec une économie essentiellement basée sur l'agriculture, le Niger est considéré comme l'un des pays les plus pauvres du monde. Le système de production agricole est essentiellement pluvial et, seulement 11,8 % du territoire se prête à l'agriculture (PLAN QUINQUENNAL, 1987-1991). D'autre part, le pays est soumis au poids des aléas climatiques (sécheresses persistantes, déficits et irrégularités pluviométriques) auquel s'est ajoutée une forte croissance démographique (3,5 % par an) accentuant ainsi le déséquilibre entre la production nationale et les besoins en denrées alimentaires de la population (FAO, 2004).

Face à toutes ces contraintes, l'agriculture irriguée apparait comme moyen essentiel permettant de répondre aux besoins alimentaires croissants des populations. Cependant, malgré le potentiel en irrigation énorme dont dispose le pays (270 000 ha de terres irrigables et 33.65 milliard de m^3 par an de ressources en eau renouvelables dont 31,15 milliard de m^3 d'eau de surface et 2.5 milliard de m^3 d'eau souterraine) , seulement 2% des terres arables sont irriguées (AQUASTAT, 2005).

Au Niger, les cultures irriguées présentent une très grande variété de types (une trentaine environ) et se classent, pour les plus importantes, en cultures maraîchères (oignon, chou, laitue, poivron, tomate, courgette, aubergine, carotte et ail), céréales (riz, blé), et cultures diverses (cannes de bouche, tabac et coton).

Le maraîchage constitue la forme d'agriculture irriguée la plus rencontrée. Considérée comme activité principale de l'agriculture urbaine, le maraichage complète l'agriculture rurale en fournissant des légumes frais, générant ainsi un revenu important aux producteurs, grâce à la forte demande de la population urbaine croissante. Dans les centres urbains et péri urbains, la laitue constitue l'espèce maraichère la plus répandue. A Niamey et environs, 79% des jardins potagers produisent la laitue (MAHAMADOU, 2005).

Néanmoins, la majorité des jardins potagers sont arrosés à la main, méthode caractérisée par un dur labeur et une faible efficacité de l'irrigation, limitant ainsi la production et la rentabilité (PASTERNAK et *al.*, 2006).

Pour remédier à cela, l'Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi Arides (ICRISAT) au Niger, a développé le système de Jardin Potager Africain (JPA). Le JPA est un système de production horticole intégré, qui associe la technologie de

l'irrigation goutte à goutte à basse pression à des techniques culturales améliorées, et qui est adapté aux terrains de petites superficies (IPALAC, 2001). Reconnu comme système assurant une économie en main d'œuvre par rapport aux méthodes conventionnelles d'irrigation, le goutte à goutte est cité aussi pour ses nombreux avantages : selon PASTERNAK et BUSTAN(2003), avec l'irrigation goutte à goutte, les plantes reçoivent la même quantité d'eau et d'engrais, et la tension de l'eau dans le sol est maintenue à un niveau très bas tout au long de la journée, ce qui se traduit par une augmentation du rendement et une amélioration de la qualité du produit ; d'après SIVANAPPAN (1994), l'étude menée sur le système d'irrigation goutte à goutte en Inde, a démontré une économie d'eau de 36-79% et une augmentation de rendement de 2-98% par rapport aux systèmes conventionnels d'irrigation.
En Afrique de l'Ouest, environ 2000 systèmes de JPA ont été introduits à partir de 2002 dans 12 pays allant du Sénégal au Tchad dont 900 systèmes ont été installés au Niger (AMG, 2007). Cependant, malgré cette large diffusion, à ce jour, aucune étude scientifique, faisant ressortir les performances agronomiques et économiques du système de JPA par rapport à l'arrosage manuel, n'a été menée

Cette étude permettra de quantifier l'impact physique et agronomique du système de Jardin Potager Africain et de l'arrosage manuel sur la production de la laitue, afin de faire ressortir des données scientifiques permettant de mieux comprendre les avantages et inconvénients liés à ces deux systèmes de production.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

1. Présentation de la structure d'accueil

Crée en 1972, l'Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi Arides (ICRISAT) est une organisation internationale à but non- lucratif et apolitique. Il est l'un des quinze centres financés par le Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale (CGIAR) dont la responsabilité essentielle est de préserver et diffuser les ressources phytogénétiques qui constituent la base de la sécurité alimentaire mondiale.

L'ICRISAT a pour mission d'aider les pauvres des zones tropicales semi- arides à travers une science à visage humain et une recherche en faveur du développement, en vue d'accroître la productivité agricole et la sécurité alimentaire.

C'est pourquoi les travaux de l'ICRISAT sont orientés vers les zones tropicales semi arides dont la principale contrainte environnementale à l'agriculture est la faible pluviométrie. L'accent est mis sur les cinq cultures qui revêtent une importance particulière pour l'alimentation des pauvres : le sorgho, le mil, l'arachide, le pois chiche et le pois d'Angole ; d'où le logo ci -après (figure 1). L'ICRISAT est représenté en Afrique de l'Ouest (Niamey et Bamako), en Afrique de l'Est et du Sud (Nairobi, Bulawayo, Lilongwe, Maputo) et en Inde (Patancheru) où se trouve le siège (figure 2).

Avec l'avènement du nouveau millénaire, l'ICRISAT a considérablement modifié son champ d'intervention. L'émergence des marchés mondiaux, de la biotechnologie et de la technologie de l'information et la communication (TIC) a influencé son orientation stratégique.

Ainsi, suite aux récentes recommandations, les programmes de recherche de l'ICRISAT se focalisent sur quatre thèmes globaux de recherche :

- Politique et Impact des Marchés
- Biotechnologie en faveur des pauvres
- Amélioration et Gestion des cultures pour la sécurité alimentaire,
- Agro écosystème pour l'amélioration des conditions de vie et l'augmentation des revenus des populations rurales

Dans le cadre du développement des systèmes de production pour améliorer la rentabilité et la durabilité du système agricole actuel, l'ICRISAT au Niger, en collaboration avec le Programme International des Cultures en zone Aride(IPALAC), à développé le système de Jardin Potager Africain (JPA).

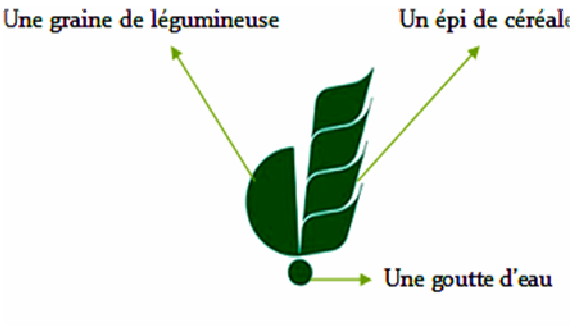


Figure 1. *Logo de l'ICRISAT*

Figure 2. *Représentations de l'ICRISAT dans le monde*

2. Présentation de la zone d'étude

L'ICRISAT Centre Sahélien de Sadoré au Niger a été établi en 1982, et s'étend sur une superficie de 500 hectares. Situé dans la partie Sud - Ouest du Niger (13° 15' latitude Nord, et 2°18' de longitude Est) à environ 45 km de Niamey, Sadoré présente un climat du type Sahélo Soudanien, caractérisé par des températures moyennes annuelles élevées (29°C) et une pluviométrie moyenne annuelle 550 mm par an. Les sols sont à plus de 80% sablonneux, rougeâtres, pauvres en matière organique (SIVAKUMAR et ABDOUSSALAM, 1994). Les écosystèmes rencontrés sont : la brousse tigrée à dominance de *Guiera senegalensis, Combretum glutinosum* ; la savane arborée composée d'espèces comme *Acacia nilotica, Balanites aegyptiaca, Zizyphus mauritiana, Faidherbia albida* ; et la savane herbustive qui est dominée par des espèces comme *Andropogon gayanus, Cechrus biflorus, Eragrotis tremila, etc...* Les principales cultures sont le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide.

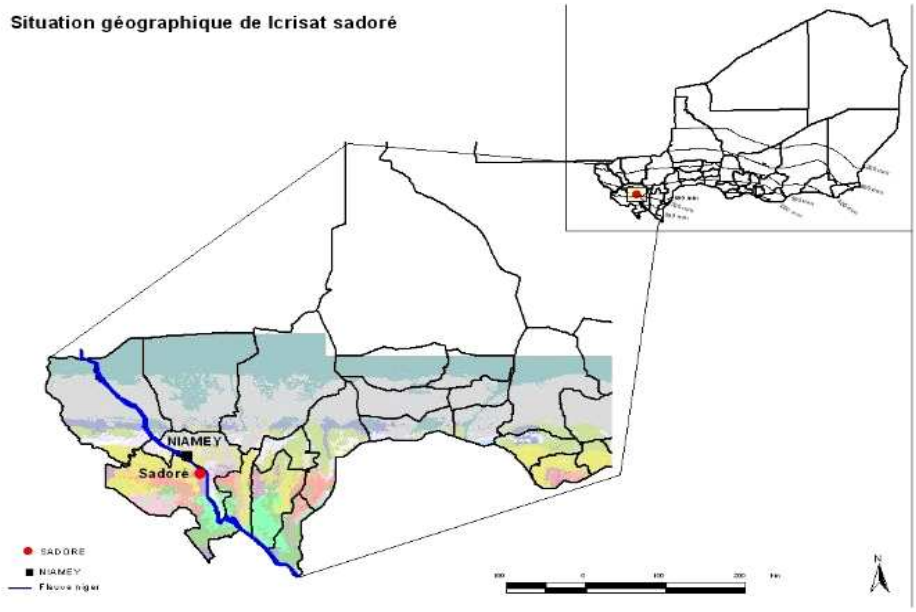


Figure 3. *Carte géographique de Sadoré*

II. L'IRRIGATION AU NIGER

L'irrigation joue un rôle considérable dans la production agricole et la sécurité alimentaire. En moyenne, on estime que les 18% de terres irriguées contribuent pour 40% à la production agricole mondiale (FAO, 1998).

Au Niger, la sécheresse qui à sévi à partir des années 1970, ainsi que les changements climatiques qui pèsent sur les productions pluviales d'une part, et d'autre part les rendements élevés obtenus en riziculture irriguée et en cultures maraîchères, sont autant de facteurs qui ont contribué au développement rapide de l'irrigation.

De nos jours, les superficies emblavées en cultures irriguées sont estimées à 85 348 ha(13 663 ha d'aménagements hydro-agricoles (AHA) avec maîtrise totale de l'eau, encadrés par l'Office National des Aménagements Hydro-Agricoles (ONAHA) dont 12 615 ha sont exploités avec pour principales productions le riz, le coton et le blé ; 60 000 ha de périmètres de contre-saison (PCS) et d'irrigation privée à maîtrise partielle ou totale de l'eau, utilisant aussi bien les eaux de surface que les nappes phréatiques et 12 000 ha au maximum pour la submersion (FAO, 2005)). L'ensemble de ces superficies représente 2% des terres arables, et leur production contribue à environ 14 % de la valeur totale du PIB agricole.

Le maraîchage est considéré comme l'activité la plus importante du secteur irrigation. Il occupe environ 68 % des surfaces irriguées avec une valeur annuelle estimée à 29 milliards de FCFA, (MDA, 2002). Le Niger a une tradition de maraîchage bien implantée dans les zones circonscrites où l'eau est abondante toute l'année pour satisfaire les besoins en irrigation. Les principaux produits du maraîchage qui font l'objet de transactions importantes sur tout le territoire et à l'exportation sont : l'oignon (7657 ha ; 271 234 t), la tomate (4 496 ha ; 104 025t), le poivron (3 194ha ; 50 867t) et le chou (3 290 ha ; 113 569 t) (DSA, 2002).

De nos jours, le maraîchage apparaît comme la principale activité de l'agriculture urbaine. Les marchés urbains constituent les centres d'écoulement les plus importants des produits maraichers. L'absence de moyens adéquats de transport et de conservation des légumes a d'avantage favorisé le développement des jardins potagers à proximité des villes. Devant la croissance rapide de la population urbaine (5,77% par an), la production maraîchère a considérablement augmenté. De 307 100 tonnes en 1993 elle est passée à 615 150 tonnes en 2003, et à plus de 700 000 tonnes en 2004 (AGROIND, 2002).

Les espèces les plus cultivées à Niamey et environ sont la laitue (79% des jardins potagers), le chou (65%), la tomate (60%), l'oignon (36%), l'aubergine (19%), la pomme de terre (17%), la carotte (12%) et le poivron (11%) (MAHAMADOU, 2005). La production a lieu généralement

pendant la saison froide (de Novembre à Mars), cependant, dans les zones où l'eau est disponible, les espèces suivantes sont produites pendant la saison chaude : l'amarante, le concombre, les courges, les courgettes, le gombo, le maïs, le melon, la pastèque, le piment vert. Pendant la saison de pluie, la plupart des jardins potagers sont utilisés pour les cultures pluviales (essentiellement le mil, sorgho, niébé et légumes feuilles traditionnels).

Les superficies des jardins potagers varient généralement entre 500 et 2000 m² (Woltering et *al.* , 2008). Néanmoins ils constituent une source de revenu non négligeable (plus de 60% de la production est destinée à la vente). Le maraichage contribue ainsi à la nutrition et l'amélioration du niveau de vie de la population.

Cependant, de nombreux obstacles freinent le développement de ce secteur. Aux conditions climatiques et édaphiques de moins en moins favorables, s'ajoute la mauvaise maitrise des techniques culturales de base. Au Niger, les techniques de production sont essentiellement basées sur les pratiques paysannes, caractérisées par l'inefficacité de la dose et la méthode d'application de la fumure (généralement organique), de la mauvaise maitrise de la protection phyto sanitaire et l'inefficience des techniques d'entretien des cultures (paillage généralement inexistant, tuteurage non approprié…).

En plus, la faible disponibilité en semences maraichères adaptées aux conditions climatiques locales constitue un handicap majeur à l'étalement de la production le long de l'année car la majorité des semences maraichères proviennent des pays tempérés.

L'un des problèmes les plus importants est celui de l'irrigation. Au Niger, les techniques d'irrigation sont encore traditionnelles et les aménagements hydro agricoles demandent de grands investissements pour leur réalisation et leur entretien (CHEGOU, 2002).

La méthode d'irrigation la plus utilisée est l'arrosage manuel (PASTERNAK et BUSTAN, 2003). Cette méthode est caractérisée par et une inefficience de l'irrigation et nécessite une intense utilisation de la main d'œuvre (Figure 3). Afin de réduire la distance à parcourir en transportant les arrosoirs de la source d'eau (fleuve ou puits) aux jardins, les producteurs utilisent une motopompe et un canal de conduite d'eau pour remplir les bassins placés à proximité des parcelles (GRAEFE, 2004) (Figure 4). Néanmoins, la contrainte majeure demeure le port des arrosoirs au moment de l'irrigation. Cela exige un grand effort (car les arrosoirs ont une capacité de 10 à 15L) et un long travail. Selon DRECHSEL et *al.* (2006), en Afrique de l'ouest, 50 à 60 % du temps par jour, des producteurs maraichers, est consacré à l'arrosage.

La deuxième méthode la plus utilisée est l'irrigation de surface, notamment l'irrigation par bassin. Elle est l'une des plus anciennes méthodes d'irrigation connues et a vu le jour dans les

zones où l'eau est abondante et disponible pendant une longue période de l'année (fleuve, marres…) Elle consiste à introduire rapidement de l'eau pompée à partir de la source et acheminée par un canal, dans des cuvettes à fond à peu près plats convenablement délimitées par des diguettes de faible hauteur. Cette technique s'applique aux cultures pouvant tolérer la submersion pour une longue durée (12 à 24h). Cependant, elle présente de nombreux inconvénients : faible efficacité de l'irrigation due aux pertes importantes d'eau par percolation et par infiltration, (particulièrement en sol sableux), consommation importante en énergie pour le fonctionnement de la motopompe ; difficulté dans la distribution et la gestion des doses d'apports d'eau. D'autre part, la submersion favorise l'asphyxie racinaire et la remontée des sels à la surface du sol.

Techniquement ces systèmes sont de grands consommateurs d'eau et leurs utilisations contribueraient à une dégradation accélérée du capital productif.

Ainsi, du fait de l'inefficience des méthodes d'irrigation, associée aux mauvaises pratiques culturales et à l'absence des semences et variétés de bonne qualité, les rendements des cultures maraichères et la qualité des produits de récolte sont faibles.

Avec l'émergence des connaissances en matière de besoin en eau des cultures, et dans le but de palier aux problèmes liés aux méthodes traditionnelles d'irrigation, des techniques modernes d'irrigation ont vu le jour. C'est le cas du goutte à goutte.

Figure 4. *Utilisation intense de main d'œuvre en arrosage manuel*

Figure 5. *Méthode d'arrosage manuel*

III. L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Le principe essentiel de l'irrigation goutte à goutte est la distribution homogène de la quantité d'eau requise par la plante dans l'ensemble du champ. Elle consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations généralement en PVC, qui, ensuite, est distribuée par des tuyaux plus petits, munis d'un grand nombre de goutteurs repartis le long des rangées

de plantation. L'eau est apportée en bande, de façon fréquente et continue, à des débits réduits allant de 0,2 - 20 l/h, (SIJALI, 2001). Cela favorise la réduction de l'évaporation et la diminution de la percolation de l'eau, ce qui fait l'efficacité de l'irrigation goutte à goutte. Il permet une économie d'eau de 50 à 80 % par rapport au gravitaire et une efficacité de l'irrigation allant jusqu'à 95 %(ELATTIR, 2006).

L'eau, délivrée au voisinage immédiat de la plante, limite l'humidification à la zone radiculaire du sol. Ainsi, la fraction du sol exploitée par les racines est continuellement humectée, ce qui maintient une forte humidité du sol et favorise la croissance des cultures. Selon SIVANAPPAN (1994), une étude menée sur le système d'irrigation goutte à goutte en Inde a démontré une économie d'eau de 36-79% et une augmentation de rendement de 2-98% par rapport aux systèmes conventionnels d'irrigation.

Avec la technique de fertigation (Irrigation fertilisante), l'utilisation de l'eau et des engrais se fait de façon efficiente, ce qui contribue à une augmentation des rendements et une amélioration de la qualité des produits. La fertigation assure aussi une réduction des pertes de solutions nutritives par lessivage et par conséquent une diminution de la pollution des nappes phréatiques par les engrais. La fréquence élevée des arrosages permet une dilution des sels présents dans la solution du sol sous le distributeur et maintient les sels à la périphérie du bulbe humecté.

Par rapport aux autres systèmes d'irrigation, le goutte à goutte présente les avantages suivants : réduction du coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations d'irrigation et de fertilisation, diminution du risque de maladies foliaires grâce à la faible humidité au niveau du feuillage, réduction des mauvaises herbes, prolongement de la période de production et accès facile aux parcelles pour la réalisation des différentes opérations culturales. L'irrigation goutte à goutte s'adapte aussi à tout type de terrain irrigable (FAO, 1990). Le problème majeur de l'irrigation goutte à goutte est le risque d'obstruction des goutteurs qui peut provenir des dépôts de matière organique, des dépôts d'engrais, des algues et autres impuretés contenues dans l'eau. Par conséquent, la filtration de l'eau s'avère indispensable.

Les différents éléments qui composent un système d'irrigation goutte à goutte conventionnel sont (voir figure 6) :

- l'unité de pompage qui pompe l'eau et la refoule dans le réseau d'irrigation à la pression nécessaire pour le fonctionnement du système,
- l'unité de contrôle de tête qui comprend les différents types de filtres, le tank d'engrais, la pompe d'injection, la vanne métrique, le régulateur de pression,

- Le système de tuyauterie (conduites principales et secondaires, les rampes et les goutteurs).

Conçue pour les grandes superficies (supérieures à 1 ha), l'irrigation goutte à goutte nécessite un investissement important (entre 2 et 4 millions de FCFA /ha en fonction du type de culture) car le matériel coûte cher et requiert un certain niveau de technicité pour son fonctionnement. De plus, le système nécessite une pression élevée (20 à 30m) pour compenser les pertes de charge dans le réseau et permettre le bon fonctionnement des goutteurs.

Or dans la plupart des pays d'Afrique, la grande majorité des jardins potagers sont limités à des superficies variant de quelques dizaines à quelques milliers de mètres carrés (IPALAC, 2001). Selon KELLER et *al.* (2001), il est estimé que les trois - quarts des producteurs maraichers des pays en développement cultivent sur moins de 500 m². Au Niger, environ 68% des producteurs exploitent des superficies inferieures à 0,5 hectare (FAO, 2005).

Ces différentes contraintes font de l'irrigation goutte à goutte conventionnelle un système impropre et bien au dessus des moyens des agriculteurs des pays en voie de développement. En réponse à ces contraintes, l'irrigation goutte à goutte à basse pression a été développée.

Figure 6. *Les composantes du système d'irrigation goutte à goutte conventionnel.*

IV. L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE À BASSE PRESSION

Afin de permettre aux petits producteurs de bénéficier des avantages de l'irrigation goutte à goutte, tout en assurant la rentabilité de la production, le système d'irrigation goutte à goutte à basse pression a été développé.

Adapté aux terrains de petite superficie (20- 1000m²), il fonctionne à une pression d'eau de 0,5 à 5 m fournie par un réservoir placé en hauteur et alimentant par gravité la parcelle à irriguer.

La baisse de la pression de tête et la simplification du système de filtration a permis de réduire considérablement le coût d'investissement de départ faisant du goutte à goutte à basse pression un système simplifié, à la portée des petits producteurs. Cela leur permettra de produire des cultures à haute valeur marchande afin d'améliorer significativement leur revenu et augmenter la production par unité d'eau consommée ou par unité d'eau appliquée (KELLER et KELLER, 2005).

Dans plusieurs pays d'Afrique centrale et du sud, de nombreux auteurs ont mentionné l'utilisation de plus en plus croissante du goutte à goutte à basse pression (LUSAKA, 1999). De nos jours, ces systèmes sont répandus un peu partout dans toute l'Afrique. Au Niger 900 systèmes ont été introduit en 2002 (ICRISAT, 2003).

Les systèmes d'irrigations goutte à goutte à basse pression peuvent être regroupés en deux catégories : le système à seau et le système à fût.

- Le système à seau : Il comprend un seau d'une capacité de 20 à 30 litres placé à environ 0,5 à 1m du sol et sert de réservoir à partir duquel l'eau se déverse dans la ligne de goutteurs de 15m de long et assure l'irrigation d'une planche de 10 à 20 m² de surface. Le seau doit être rempli 2 fois par jour (figures 7 et 8).

  Ce système est destiné spécialement à l'usage domestique et sa simplicité en a fait un succès. Les systèmes à seau sont reconnus être utilisés dans plus de 80 pays du monde et la demande se fait encore plus importante de nos jours. En 2001, 5000 kits ont été vendus aux paysans kenyans (SIJALI, 2001).
- Les principaux organismes ayant développé ces systèmes à travers le monde sont : la fondation CHAPIN, the International Development Enterprise (IDE) et la compagnie Waterboys.
- Le système à fût : il fonctionne sous une pression de 1 à 5m et couvre une superficie de 80 à 1000m². Le fût d'une capacité de 200 à 1000L est placé sur un support surélevé d'au moins 1m de la surface du sol (SIJALI, 2001). L'avantage du système à fût par rapport au système à seau, c'est la grande superficie qu'il couvre, car le nombre de plants est plus important, d'où son avantage économique.

  Ils existent plusieurs types de systèmes à fût : KARI (Kenyan Agriculture Research Institut) drum System du Kenya, Family Drip System d'Israël et IDE drum system utilisé en Inde (figures 9 et 10).

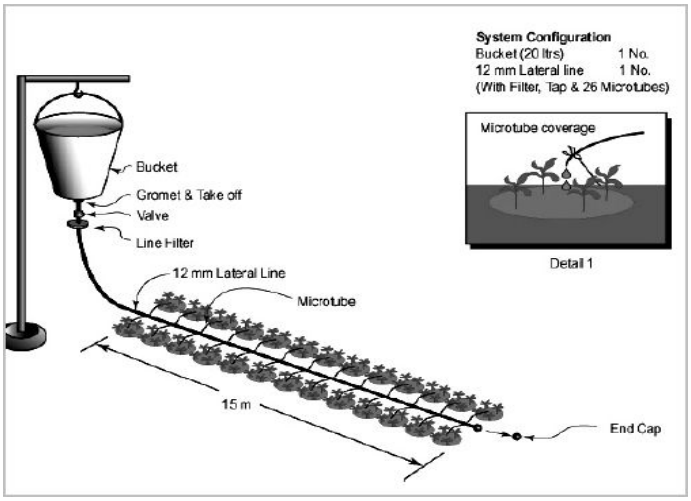


Figure 7. IDE bucket system 10m²

Figure 8. *WATERBOYS bucket system 10m²*

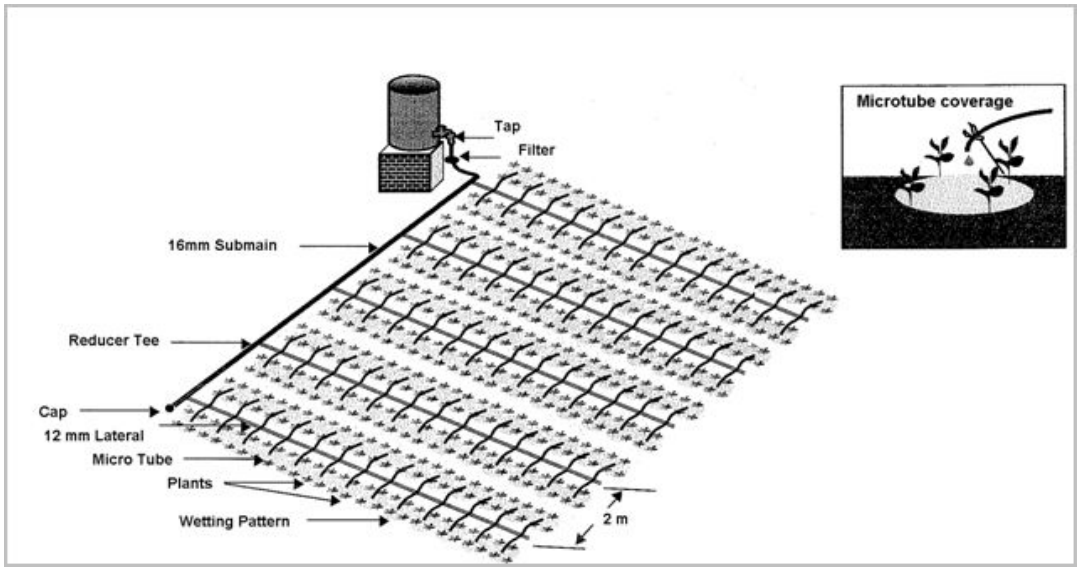


Figure 9. *IDE drum system 100m²*

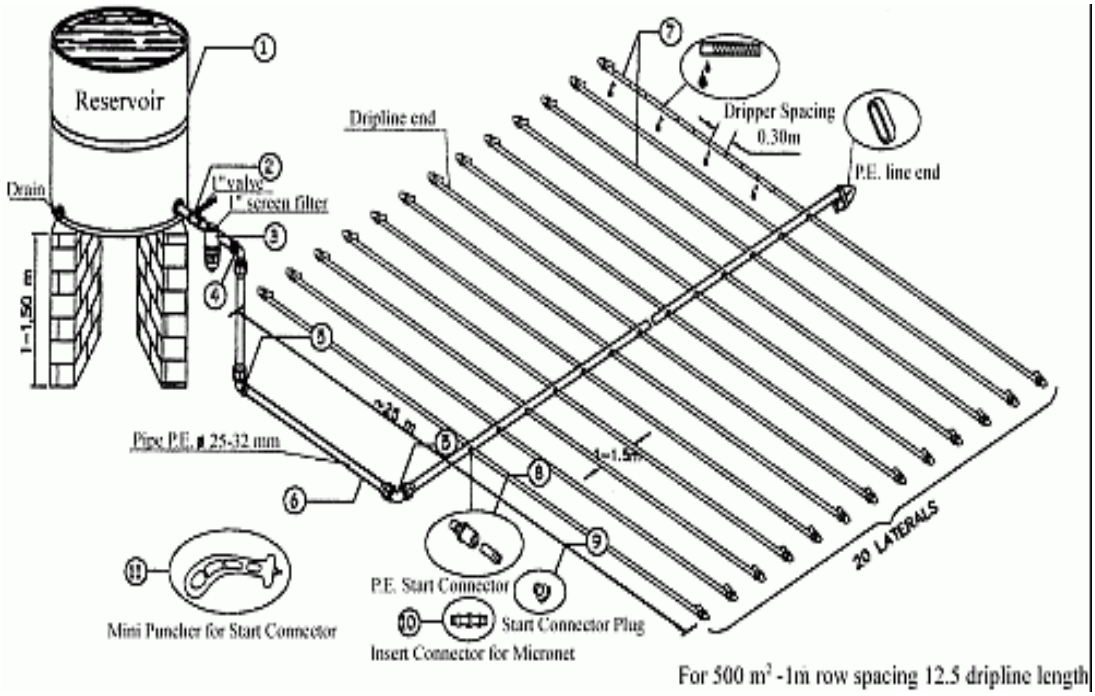


Figure 10. *Family drip system 500m²*

V. LE SYSTÈME DE JARDIN POTAGER AFRICAIN (JPA)

Introduit au Niger en 2001 par l'ICRISAT, le Jardin Potager Africain est un système de production horticole intégré, qui associe à la technique d'irrigation goutte à goutte à basse pression, des techniques culturales améliorées, et l'ensemble est adapté aux terrains de petites superficies. Au-delà de la technologie de l'irrigation goutte à goutte, le JPA constitue une approche globale qui guide le paysan dans l'optimisation de sa production et l'amélioration de la rentabilité à travers une meilleure technique de gestion. Les principaux aspects intégrés au système de Jardin Potager Africain sont : (voir figure 11)

- ***L'agro biodiversité*** : le JPA est un système de production mixte de maraichage et d'arboriculture fruitière. Les cultures maraichères adaptées aux conditions du milieu peuvent y être plantées et les espèces fruitières ayant un port réduit et un système racinaire non compétitif avec les légumes y sont associées. On peut citer le palmier dattier, les citrus, le papayer, le bananier, le goyavier, le grenadier ainsi que le *Moringa oleifera*. Ces arbres créent un micro- climat favorable au développement des cultures maraichères.
- ***Le savoir faire*** : le JPA permet aux paysans d'avoir une bonne maîtrise des techniques culturales conduisant à une amélioration significative du rendement et de la qualité des produits : utilisation du fumier et d'engrais NPK en fumure de fond à des doses recommandées ; gestion de l'irrigation avec application précise d'eau et d'engrais solubles (urée) destiné à la fertigation ; application du paillage pour la réduction de l'évapotranspiration ; utilisation des semences de qualité et des variétés améliorées; maitrise des différentes densités de plantation en fonction des espèces cultivées ;contrôle phytosanitaire à travers une lutte intégrée ; planification de la production en fonction des saisons et des revenus générés par le produit ; production toute l'année.
- ***Le Marché*** **:** le climat Soudano- Sahélien se prête beaucoup plus à la production maraichère du fait de l'intense rayonnement solaire, des basses températures nocturnes et de la faible pression des ennemis et maladies des cultures, contrairement aux zones humides dans lesquelles se trouvent certains pays de l'Afrique de l'ouest (PASTERNAK, 2006). Avec une stratégie basée sur une approche plus professionnelle de la production maraichère, les pays Soudano-Sahéliens devraient saisir l'avantage qui s'offre à eux pour exporter leurs produits vers les régions humides qui constituent un marché potentiel. Considérant la forte démographie et l'économie en hausse dans les pays côtiers, la demande en légumes frais ne peut qu'augmenter. Au Niger, cela à favorisé l'export vers les pays comme la Cote d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Benin et le Nigéria (WOLTERING et *al.* , 2008). Ainsi, le JPA constitue une stratégie permettant aux producteurs de viser et atteindre les marchés extérieurs.

- ***L'aspect Socio-économique :*** la technologie de l'irrigation goutte à goutte et les techniques de production améliorées dans le système de JPA contribuent à une meilleure exploitation des ressources naturelles du fait de l'utilisation efficiente de l'eau, de la réduction de la consommation en énergie due au pompage de l'eau et de l'amélioration de fertilité du sol. Ce qui se traduit par une augmentation de la production et une amélioration de la rentabilité des jardins potagers. Selon MAHAMADOU (2005), la rentabilité économique est significativement plus élevée chez les maraîchers utilisant le système de Jardin Potager Africain par rapport à ceux qui utilisent la méthode traditionnelle. La production des cultures à haute valeur marchande constitue non seulement une source de revenus importante, mais contribue aussi à l'amélioration de la nutrition de la population.

Le JPA est composé d'un réservoir de 4m³ de volume et un kit goutte à goutte de 500m² fabriqué en Israël par NETAFIM. Le rapport entre le volume du réservoir (4m³) et la superficie de 500m², est en fonction de l'évapotranspiration potentielle de la zone. A Niamey, comme dans la plupart des pays sahéliens, le relevé de l'évapotranspiration potentielle des douze mois de l'année à permis de démarquer une période (entre avril et mai) où la moyenne de l'ETP est élevée (8mmj^{-1}) (ICRISAT, 2001). Le réservoir contient alors la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation quotidienne d'une superficie de 500 m². Placé à une hauteur de 1 m, le réservoir fournit une pression minimale de 0,1 bar qui assure une distribution homogène de l'eau au sein de toute la parcelle.

Le système de JPA comprend un réservoir de 4m³ de volume, deux vannes de 25 mm de diamètre (une vanne de vidange et une vanne d'irrigation), un filtre, un tuyau principal d'une longueur de 20 m (25mm de diam), des connecteurs et des lignes de goutteurs de 12,5 m de long chacun (8mm de diam), placées de part et d'autre du tuyau principale.

En fonction des espèces cultivées et de la distance entre les lignes de plantation, les lignes de goutteurs sont connectées au tuyau principal chaque 0,5 ou 1 m, couvrant ainsi une superficie de 500 m² (Figure 12). Les goutteurs distants de 30 cm ont un débit moyen de 2 L/h chacun. L'irrigation consiste à ouvrir la vanne après avoir rempli le réservoir et elle prend fin lorsque le réservoir se vide. Pour éviter le colmatage des goutteurs, il est recommandé de nettoyer le filtre avant chaque arrosage, de nettoyer le réservoir et de purger les lignes de goutteurs chaque semaine (IPALAC, 2001).

Figure 11 . *Schémas du système intégré du JPA*

Figure 12. *Jardin Potager Africain*

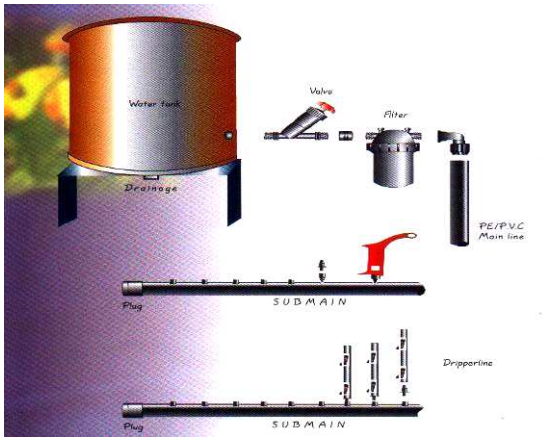


Figure 13. *Composante du système de JPA*

VI. LA VIABILITÉ ÉCONOMIQUE DE L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Malgré les coûts additionnels qu'elle impose, l'irrigation goutte à goutte semblerait être économiquement viable grâce au revenu élevé qu'elle génère et à la baisse du coût de production par rapport aux méthodes traditionnelles d'irrigation.

Le revenu élevé d'une production est généralement du au rendement élevé, à la qualité du produit et la précocité sur le marché. Des études en Inde ont démontré que la méthode d'irrigation goutte permet non seulement l'augmentation du rendement, mais aussi l'amélioration de la qualité du produit (NARAYANAMOOTHY, 1997). Au Kenya, des études menées en milieu rural ont montré que des centaines de familles pauvres ayant adopté l'irrigation goutte à goutte, ont obtenu une production suffisante pour subvenir à leur besoin alimentaire et générer un revenu non négligeable (LUSAKA, 1999). Selon WINROCK (2000), la technologie de l'irrigation goutte à goutte à basse pression promet la sécurité alimentaire et l'augmentation du revenu au niveau des ménages, de ce fait, conduit à la hausse de l'économie du pays.

D'autre part, la baisse du coût de production semble être directement liée à l'économie en eau, en énergie et en main d'œuvre observée dans le cas de l'irrigation goutte à goutte. CASWELL *et al.* (1991) rapporte que l'un des facteurs les plus importants influençant l'adoption de l'irrigation goutte à goutte est l'économie dans le coût de l'eau. D'après NGIGI et *al*. (2001), l'irrigation goutte à goutte est reconnue comme étant une technologie prometteuse pour répondre aux besoins alimentaires et aux besoins en eau dans les zones arides et semi arides. En Inde, un interview auprès des paysans sur l'utilisation du système goutte à goutte à basse pression à montré une augmentation du rendement de 50 à 100 % et une économie d'eau de 40 à 80% (KELLER et *al*., 2005).

Cependant, selon KUMAR (2005), les recherches pour quantifier véritablement les impacts physiques et agronomiques du goutte à goutte sur diverses cultures sont rares. DHAWAN (2000, cité dans KUMAR, 2005) atteste qu'il n'ya pas assez de documentation tenant compte des aspects importants, tels que le rapport bénéfice-coûts, dans les calculs économiques de l'irrigation goutte à goutte, du fait du manque de collaboration entre chercheurs et économistes. Pour GEORGE (1991, cité dans THAMBAN, 2004) l'investissent dans l'irrigation goutte à goutte présente un intérêt dans les zones où, soit l'eau coûte chère, soit les terrains sont accidentés ou encore la main d'œuvre n'est pas facilement disponible.

En définitive, la viabilité économique de l'irrigation goutte à goutte est fortement liée au contexte socio –économique et physique de la zone.

VII. SYNTHÈSE DES TRAVAUX SUR L'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE PAR RAPPORT À L'ARROSAGE MANUEL

Dans la majorité des cas, les travaux de recherches menés sur l'évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sont réalisés par rapport à l'irrigation de surface. De nombreux auteurs ont démontré l'augmentation de rendement, l'amélioration de la qualité et la rentabilité économique de l'irrigation goutte à goutte par rapport à l'irrigation de surface (NARAYANAMOORTHY, 1997, 2004; TIWARI, 1998, 2003; DHAWAN (2000); INCID (1990) et NCPA (1990) cité dans KUMAR, 2005). Seulement, la plupart de ces études ont été menées en Inde. Pourtant, une diffusion importante des systèmes d'irrigation goutte à goutte à basse pression a été faite en zones arides et semi arides d'Afrique sub-saharienne, où la majorité des petits producteurs pratiquent l'arrosage manuel. Ainsi, plus de 5000 kits ont été introduits au Kenya en 2001 (SIJALI, 2001) ; 600 systèmes au Zimbabwe (CHINGERWE, 2003) ; 2000 systèmes en Afrique de l'Ouest à partir de 2002 (AMG, 2007).

Malgré cette large diffusion, les recherches scientifiques quantifiant les impacts agronomiques et physiques réels de l'irrigation goutte à goutte par rapport à l'arrosage manuel sont très rares. Les informations disponibles proviennent généralement des fabricants eux-mêmes et n'ont pas été authentifiées par la recherche en milieu local (CHINGERWE, 2003).

Néanmoins, il y'a eu quelques travaux qui ont été menés sur l'étude économique du système de Jardin Potager Africain. Une analyse préliminaire effectuée au Niger en 2002 a montré la grande rentabilité de l'irrigation goutte à goutte par rapport à l'arrosage manuel. L'enquête menée à Niamey et Dosso par MAHAMADOU (2005), montre que la rentabilité économique par m² du JPA (507 FCFA) est environ 3 fois plus élevée que celle de l'arrosage manuel (183 FCFA). Cependant, en 2003, TAYLOR-KALE affirme que même avec l'introduction des variétés améliorées de palmiers dattiers, c'est seulement dans le cas du meilleur scénario que le bénéfice net du JPA surpasse celui de l'arrosage manuel.

Selon M'BAYE et COULIBALY (2008), l'étude menée en milieu paysan à San, a démontré que le bénéfice brut dans le cas de l'irrigation goutte à goutte est de 1,66 à 2,09 fois plus élevé que celui de l'arrosage manuel. Toutefois, ces analyses ne sont basées que sur des estimations (WOLTERING et *al*., 2008). Cependant, force est de constater que dans beaucoup de cas de calcul de rentabilité économique, les coûts d'investissement se limitent à la surface couverte par le système d'irrigation, ne tenant pas compte du point d'eau, de la motopompe, des tuyaux de connexion, des réservoirs… La prise en compte de ces éléments additionnels dans les

calculs de rentabilité de l'irrigation goutte à goutte détermine la fiabilité des résultats et contribue à une meilleure viabilité du système (VAN LEEUWEN, 2002).

VIII. IMPORTANCE DE LA CULTURE DE LAITUE AU NIGER

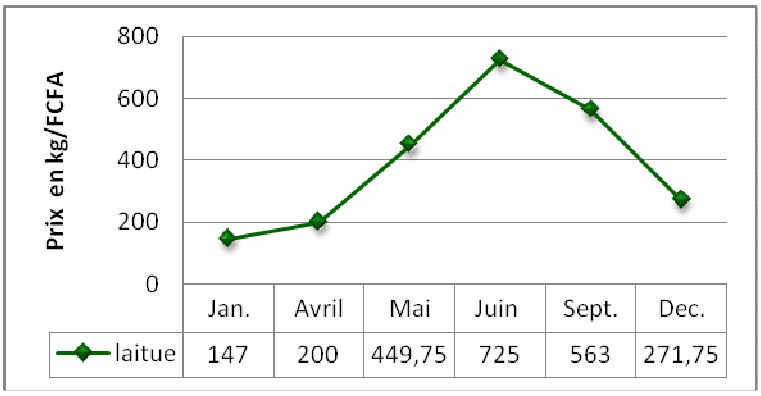
La laitue constitue l'une des espèces maraîchères les plus répandues au Niger. Cultivée pour ses feuilles tendres consommées comme légume, généralement crues en salade, elle est riche en sels minéraux (7 à 19 % de matière sèche) et en vitamines (A, B1, B2, C...) (NADOU, 2006). Sa demande sur le marché est constante car elle a une faible durée de conservation et en plus, est fortement appréciée par la population urbaine. De ce fait, elle constitue une source de revenus permanente pour les producteurs. La courte durée de son cycle de production (environ 1 mois après repiquage) et le revenu permanent qu'elle procure, font que la laitue est cultivée par la majorité des producteurs maraichers (79% des potagers autour de Niamey).

Cependant, malgré la demande constante sur le marché, sa production reste irrégulière au cours de l'année. Pendant la période allant de Décembre à Avril, la production est élevée et la qualité de la pomme meilleure ; néanmoins, les prix sur le marché sont très bas car l'offre est importante et la production est simultanée.

Pendant la période allant de Mai à Novembre, les rendements sont très bas, la qualité mauvaise et les prix sont en hausse car la demande est forte.

La moyenne des prix du kilogramme de la laitue, de 2003 à 2006, est passée de 147 FCFA en Janvier à 725 FCFA en juin (INS, 2006) (voir figure 14).

Figure 14. *Evolution de la moyenne du prix d'un kg de laitue de 2003 à 2006*



Source : Direction des Etudes Statistiques et Economiques, 2006.

La variation de la production peut s'expliquer par les conditions climatiques défavorables à la culture de la laitue pendant la saison chaude et la saison des pluies car la laitue est une plante de saison froide.

Plante annuelle de la famille des Astéracées, de nom scientifique *Lactuca sativa* L., la laitue est issue de l'espèce sauvage *Lactuca serriola* qui pousse spontanément depuis la Sibérie jusqu'au nord de l'Europe, en passant par l'Afrique du nord (GAB, 1998).

Aussi, La température optimale pour sa production est comprise entre 20 - 23 °C le jour et 7- 10°C la nuit (IAV, 2002).

Espèce photopériodique, la laitue est aussi sensible à la variation de température. L'optimum en cours de culture dépend du stade de développement, de l'intensité d'éclairement et de la variété : sous éclairement réduit (jours courts et faible intensité lumineuse), les températures diurnes élevées retardent la pomaison, alors que des températures basses la favorisent. En revanche en situation de fort éclairement, les températures diurnes de l'ordre de 20°c accélèrent la pomaison en favorisant le développement en largeur des feuilles. Au-delà d'un seuil critique de durée d'éclairement, les températures élevées favorisent l'induction florale et perturbent la pomaison (GRAB, 1998).

Néanmoins, les effets varient selon le type et la variété. Les quatre principaux types de laitue cultivés sont: *Lactuca sativa* var. *angustana* ou la laitue asperge ; *Lactuca sativa* var. *capitata* ou la laitue pommée (elle regroupe la laitue beurre, la laitue batavia et la laitue grasse); *Lactuca sativa* var. *crispa* ou la laitue frisée et laitue à couper ; *Lactuca sativa* var. *longifolia* ou la laitue romaine (CTIFL, 1989).

Les variétés cultivées au Niger sont : laitue batavia Mineto ; laitue batavia blond de Paris ; laitue frisée ; Paloma (FCM-NIYA, 2005).

Cependant, la majorité des semences disponibles proviennent de l'Europe, ce qui explique la grande production de laitue pendant la saison froide (jours courts et basses températures induisent une bonne formation de la pomme) et une mauvaise production pendant la saison chaude et la saison de pluie (jours longs et températures élevées favorisent la montée en floraison).

Afin de pouvoir produire la laitue toute l'année, tout en améliorant sa productivité et sa qualité, l'ICRISAT au Niger a sélectionné et mis à la disposition des producteurs maraîchers une nouvelle variété de laitue nommée MAYA. Laitue romaine présentant une pomme oblongue, volumineuse avec de larges feuilles, cette variété est caractérisée par son adaptation aux températures élevées qui se traduit par une résistante à la montaison et aux autres désordres physiologiques associées aux stress de chaleur. (Voir Figure 15).

L'introduction de la variété de laitue MAYA dans l'évaluation du système de Jardin Potager Africain et de l'arrosage manuel peut contribuer à une meilleure expression des performances agronomiques et économiques des deux méthodes d'irrigation.

Figure 15. *Laitue MAYA produite dans le système de JPA*

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

I. OBJECTIFS ET HYPOTHESES

1. Objectifs

La présente étude est axée sur l'évaluation des performances agronomiques et économiques de deux systèmes de production maraîchère, l'un basé sur le goutte à goutte à basse pression et l'autre utilisant les arrosoirs.

a. Déterminer la main d'œuvre, le volume d'eau utilisé et les mauvaises herbes dans le système de JPA et celui de l'arrosage manuel
b. Mettre en évidence la différence de rendement et la qualité des produits entre les cultures irriguées au goutte à goutte et celles par arrosoirs
c. Dégager l'effet de l'irrigation goutte à goutte et de la fertigation sur le rendement et la main d'œuvre
d. Déterminer la rentabilité économique du JPA et de l'arrosage manuel

2. Hypothèses de recherche

a. Les coûts de production de l'arrosage manuel sont supérieurs à ceux de l'irrigation goutte à goutte du fait de la main d'œuvre importante que requiert l'arrosage manuel.
b. L'arrosage manuel favorise la croissance des mauvaises herbes contrairement à l'irrigation goutte à goutte
c. L'irrigation goutte à goutte, associée à la fertigation, assure une augmentation du rendement et une amélioration de la qualité des produits.

II. MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

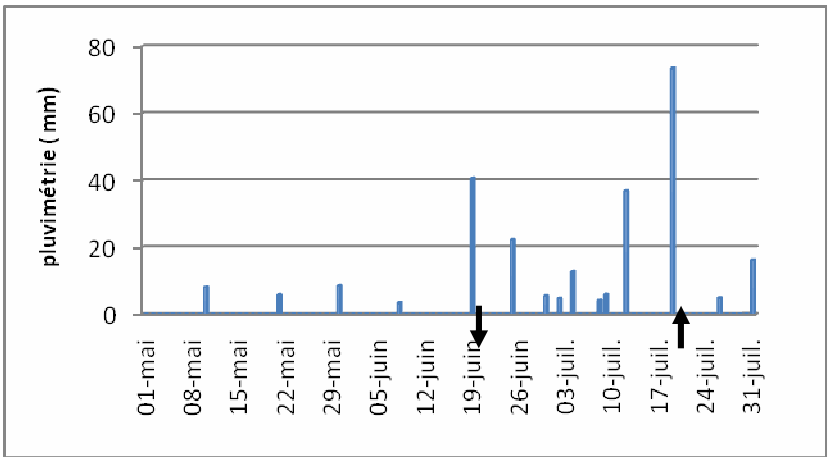
L'essai a été conduit en plein champ, à la station de recherche de l'ICRISAT Centre Sahélien de Sadoré (13°15' latitude N ; 2°18' longitude E ; 550mm de pluviométrie moyenne annuelle ; 29°C température de moyenne annuelle; sols sableux à plus de 80%).
Les résultats de l'analyse des échantillons de sol prélevés sur le site avant l'installation de l'essai dans l'horizon de surface à une profondeur de 20 cm, montrent que le sol est à 91,1 % sableux, acide (pH 5,2), pauvre en argile, en matière organique, en azote disponible, en phosphore assimilable et en bases échangeables (Tableau 1).

Le relevé de la quantité de pluie tombée sur le site pendant la période allant de Mai à Juillet, correspondant à la durée de l'essai, a donné un cumul de 252 ,9 mm (Figure 16).
La température moyenne maximale enregistrée est de 38°C et la température moyenne minimale de 25°C (Figure 17).
Le matériel végétal utilisé est la laitue MAYA, variété à pollinisation ouverte, adaptée aux conditions de températures élevées et résistante à la montaison, avec un cycle de 30 à 45 j et un poids moyen à la récolte de 300 à 800 g par pomme en fonction de la saison de culture. Maya est une variété introduite et sélectionnée par l'ICRISAT.
Les engrais utilisés sont le NPK (15-15-15) et l'urée (46% N). Le Dimethoate, insecticide systémique, a été utilisé pour la protection phytosanitaire.
Le matériel d'irrigation utilisé est un kit goutte à goutte de NETAFIM 500 m ² et des arrosoirs d'une capacité de 12 L.

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques des échantillons de sol prélevés sur le site expérimental avant l'installation de l'essai

Propriétés du sol	**Moyenne**	**Ecart type**
Argile (%)	8,9	0,94
Sable (%)	91,1	1,05
pH -H_2O	5,2	0,09
Phosphore assimilable (Bray P1) (mg P kg^{-1})	3,5	0,64
Matière organique (%)	0,5	0,02
Azote disponible (mg kg^{-1})	3,7	1,23
Base échangeable (Cmol kg^{-1})	0,93	0,08

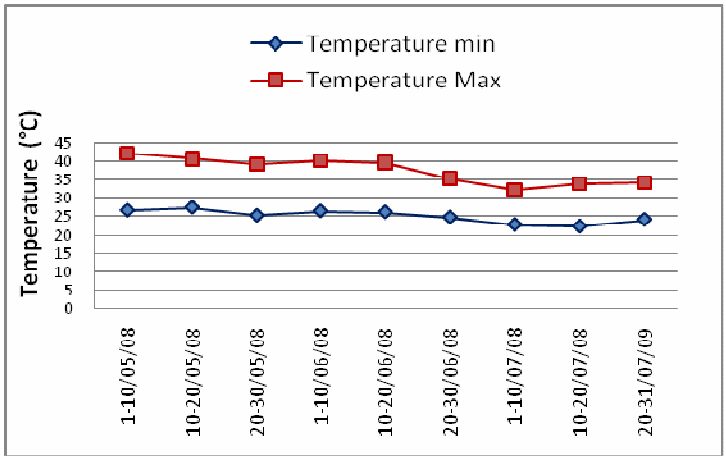
Figure 16. *Distribution quotidienne de la pluviométrie (mm) sur le site expérimental de Mai à Juillet*



Date de plantation laitue : 20 Juin

Date de récolte laitue : 20 Juillet

Figure 17. *Variation de la température moyenne (°C) par décade à Sadoré de Mai à juillet*



2. Méthodes

L'évaluation des performances du système de Jardin Potager Africain et de l'arrosage manuel étant basée sur les paramètres de culture, les conditions de sol et de température sont homogènes sur le site. Le site est constitué de trois (3) parcelles de 500 m² chacune, situées côte à côte. Les pépinières ont été réalisées dans les mêmes conditions de cultures pour les trois parcelles : les semis ont eu lieu le 18 mai dans des plaques alvéolées sous ombrière. Le repiquage sur les parcelles expérimentales a eu lieu le 20 juin. Un traitement insecticide préventif avec du Dimethoate à la concentration de 50 ml/l a été réalisé la veille du repiquage.

2-1 Facteur étudié et Traitements

Un seul facteur pris à deux niveaux de variation fait l'objet de cette étude : la méthode d'irrigation suivant 2 modalités (le goutte à goutte et les arrosoirs.) Chaque modalité constitue un traitement à part. Un troisième traitement (pratique paysanne) pris comme référence (témoin) à été additionné. Il ya au total trois traitements:

T1 (Goutte à goutte); T2 (Arrosoir) ; T3 (Pratique paysanne). Chaque traitement a été affecté à une parcelle de 500 m² (figure 18).

Traitement T1 : Irrigation goutte à goutte + techniques culturales améliorées

Les pratiques culturales adoptées sont basées sur les normes recommandées par l'ICRISAT

L'irrigation : elle se fait par le système de goutte à goutte. Le volume d'eau apporté est fonction de l'évapotranspiration de la zone durant la période la plus chaude de l'année. Elle est estimée à 8mm/j. Un réservoir d'une capacité de 4 m³ a été placé pour fournir les 8mm d'eau/j pour la superficie de 500m².

La fertilisation :

- fumure de fond : 4kg/m² de fumure organique + 0 ,1 kg/m² de NPK (15-15-15).
- fumure d'entretien, l'urée a été apportée en fertigation à la dose de 50 ppm de N (400g /j).

L'écartement entre plants : 30 x30 cm.

L'entretien : le paillage a été appliqué immédiatement après repiquage ; le binage et le désherbage ont été effectués régulièrement.

Traitement T2 : Arrosage manuel + techniques culturales améliorées

Pour le traitement T2, le volume d'eau, la quantité de la fumure de fond et d'entretien, les densités de plantation et les techniques d'entretien sont identiques au traitement T1. La différence réside au niveau de la méthode d'irrigation et de la méthode d'application de l'urée.

L'irrigation : elle se fait deux fois par jour à l'aide des arrosoirs. 2m³ d'eau sont apportés le matin et 2 m³ l'après midi. Pour se faire, un bassin de collecte d'eau de 2m³ de volume, rempli deux fois par jour a été construit à proximité de la parcelle.

La fertilisation : 24 g/m² d'urée sont apportés sous épandage manuel, fractionnés en deux apports : 12g/m² 5 jours après repiquage et 12g/m² 15 j après.

Traitement T3: Arrosage manuel + pratique culturale paysanne

Pour le traitement T3, une enquête menée auprès de 20 paysans producteurs de laitue et pratiquant exclusivement l'arrosage manuel dans deux localités de Niamey (Zongo et Saga)

pendant les mois de juin et juillet, a permis de collecter les informations nécessaires pour la conduite de l'essai. Les valeurs retenues sont celles des moyennes calculées.

L'irrigation : Le volume d'eau apporté varie en fonction des producteurs. Le minimum observé est de 9L/m² et le maximum 24L/m². Le volume moyen est de 12L/m².Ce volume est reparti en deux irrigations dont les 3/4 sont apportés le matin et le 1/4 l'après midi. Un bassin de 3 m³ a été placé à proximité de la parcelle.

La fertilisation : 80 % des producteurs enquêtés utilisent le fumier et l'urée pour la fertilisation de la laitue ; seulement 1 personne sur 20 utilise le NPK. Les doses moyennes appliquées sont : 1,5 kg/m² de fumier apporté 3 à 4 jours après repiquage ; 12 g /m² d'urée fractionné en deux apports dont le premier 5 jours après repiquage et le deuxième apport 10j après le premier.

L'écartement : 100% des producteurs utilisent les écartements de 15 x 15cm

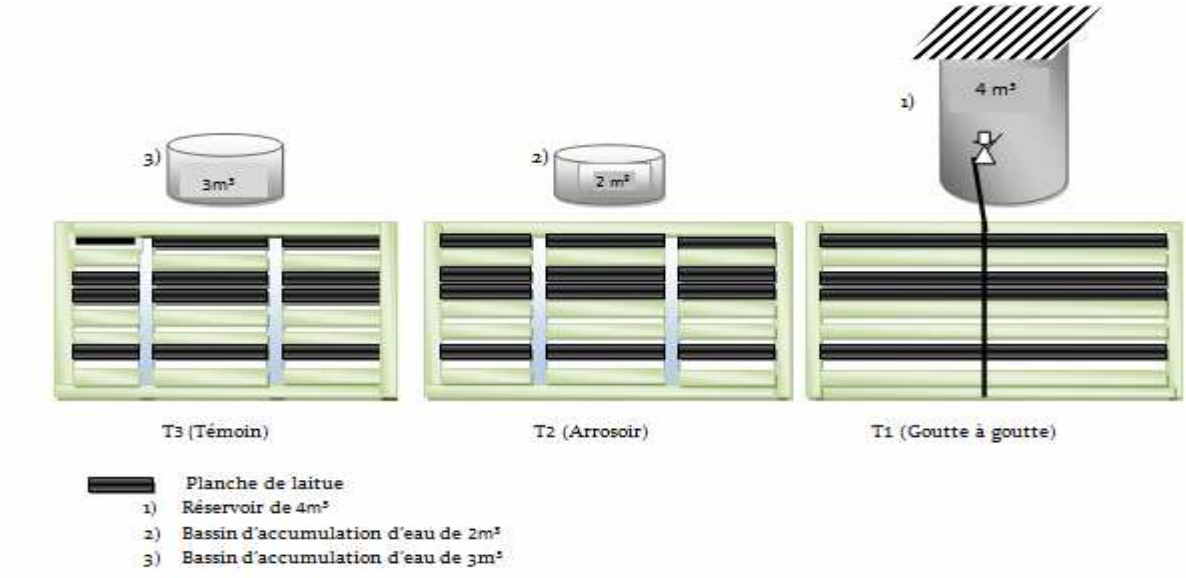
L'entretien : Le paillage n'a été observé chez aucun des producteurs. Le désherbage et le binage se font régulièrement (généralement 2 fois durant le cycle). Le tableau 2 présente un résumé des différents traitements.

Tableau 2. *Intrants et techniques culturales appliquées par traitement*.

Traitements	**T1 (JPA)**	**T2 (ARROSOIR)**	**T3 (TEMOIN)**
Superficie (m^2)	500	500	500
Irrigation			
- **Méthode**	Goutte à goutte	Arrosoir	Arrosoir
- **Volume d'eau (m3/j)**	4	4	6
Fertilisation			
Fumure de fond :			
- **NPK (kg/m^2)**	1 ,5	1,5	0
- **Fumier (kg/m^2)**	4	4	0
Fumure d'entretien			
- **Fumier (kg/m^2)**	0	0	1,5
- **Urée (g/m^2)**	400g/j	24	12
Repiquage			
- **Ecartement (cm)**	30 x 30	30 x30	15 x 15
Entretien			
- **Paillage**	Oui	Oui	Non
- **Désherbage + binage**	2fois /cycle	2fois /cycle	2fois /cycle
- **Traitement Phyto***	Oui	Oui	Oui

*Les traitements phytosanitaires sont effectués de façon à maintenir l'attaque à un niveau minimal.

Figure 18. *Schéma des trois parcelles de 500 m² ayant reçu les traitements (T1; T2; T3)*

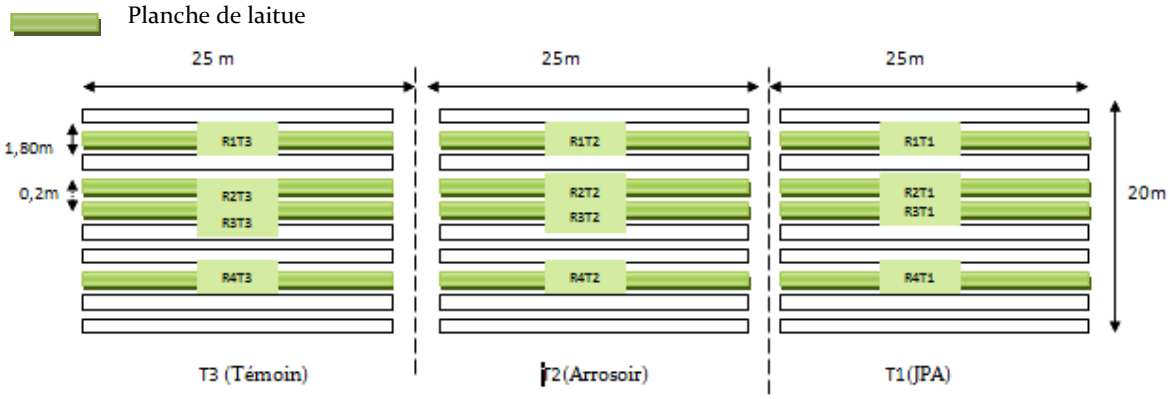


2-2 Dispositif expérimental et dimensions des parcelles

Le site est constitué de 3 parcelles de 500 m² chacune (20m x 25m). Chaque parcelle est composée de 10 planches de 25m de long, 1 ,80m de large avec 0,20 cm comme allée entre les planches. 4 planches par traitement ont été affectées à la laitue. Chaque planche constitue une réplication du traitement.

En résumé, cet essai comprend 3 traitements, 4 réplications par traitement, 12 réplications au total.

Figure 19. *Plan de masse de l'essai*



2-3 Observations réalisées

Un suivi quotidien a été fait sur :

a. Le temps d'utilisation de main d'œuvre par activité : en effet, l'un des avantages les plus reconnus à l'irrigation goutte à goutte, est son économie en main d'œuvre. Cependant, les données précisant la main d'œuvre économisée par rapport à l'arrosage manuel ne sont pas disponibles. Aussi, de l'installation de l'essai à la récolte, la main d'œuvre, exprimée en homme heure (h.h) par activité et par traitement, a été déterminée.

b. Le volume d'eau utilisé quotidiennement, pour chaque parcelle, de la plantation à la récolte, a été mesuré.

c. La quantité de mauvaises herbes : sur la parcelle irriguée au goutte à goutte, la quantité de mauvaises herbes est supposée être inferieure à celle des parcelles irriguées par arrosoir du fait de la localisation de l'irrigation au niveau du système racinaire des plantes
Afin de vérifier cette hypothèse, le poids sec des mauvaises herbes arrachées sur chaque parcelle au cours du désherbage effectué par quinzaine, a été considéré.

d. Le rendement : 3 carrés de rendement (1 m² chacun) par planche, choisis de façon aléatoire ont servi d'échantillons pour la mesure du poids : 3 échantillons par planches, 4 planches par traitement, 12 échantillons par traitement.

e. La qualité: l'évaluation de la qualité de la laitue est basée sur le poids des pommes ; les pommes les plus lourdes sont celles dont les feuilles sont bien développées donc de meilleure qualité. Des normes ont été fixées pour repartir les laitues en trois catégories :
Les laitues ayant un poids < 200g sont considérées de faible qualité ; celles dont le poids est compris entre 200g et 350g sont considérées de bonne qualité et les laitues dont le poids > 350 g sont considérées comme laitues de très bonne qualité.

2-4 Méthodes de calcul

L'évaluation des performances agronomiques et économiques du système de JPA et de l'arrosage manuel est basée sur la rentabilité économique et l'efficacité de l'irrigation.

Critères de rentabilité économique

Les critères de calcul de la rentabilité économique d'un système de production sont liés à l'investissement, à la détermination de la période de remboursement de l'investissement, du revenu généré par unité de terre, d'eau et de main d'œuvre.

Coûts d'installation

Les coûts d'installation (charges fixes) influent sur la prise de décision des producteurs à adopter une nouvelle technologie. Ainsi, des coûts d'installation élevés constituent une contrainte à la diffusion d'une technologie surtout dans les zones où les crédits ne sont pas disponibles.

Période de remboursement

La période de remboursement constitue le temps, exprimé en années, pour qu'une activité recouvre son investissement de départ. Il est supposé que, plus la période est longue, moins certain est le retour positif. En général, dans les pays en développement, les producteurs accordent leur confiance à un investissement lorsque la période de remboursement ne dépasse pas deux ans.

La période de remboursement (N) est égale au rapport Coûts d'installation sur le Revenu Brut moins les Coûts de fonctionnement annuels (Charges opérationnelles annuelles).

$$N = \frac{Coûts\ d'Installation}{Revenu\ Brut - Coûts\ Annuels}$$

Revenu généré par la main d'œuvre

Exprimé en FCFA/homme heure, le Revenu généré par la main d'œuvre représente le bénéfice Net obtenu par main d'œuvre. C'est seulement dans le cas où le revenu généré par la main d'œuvre est nettement supérieur au coût de la main d'œuvre (estimé à 1000FCFA/jour) que les producteurs reconnaissent la rentabilité de l'investissement. Le Revenu généré par la main d'œuvre est égal au Revenu Brut moins les Charges Totales sur la main d'œuvre totale.

$$Revenu\ généré\ par\ la\ main\ d'œuvre = \frac{Revenu\ Brut - Charges\ Totales}{Main\ d'oeuvre\ totale}$$

Revenu généré par la terre

Exprimé en FCFA/m², le Revenu généré par la terre représente le Bénéfice Net obtenu sur chaque unité de surface. Il est égal au Revenu Brut moins les Charges Totales sur la superficie du terrain.

$$\textit{Revenu généré par la Terre} = \frac{\textit{Revenu Brut} - \textit{Charges Totales}}{\textit{Superficie du terrain}}$$

Revenu généré par l'eau

Exprimé en FCFA/m^3, il représente le Bénéfice Net par volume d'eau apporté. Il est égal au Revenu Brut moins les Charges Totales sur le volume d'eau apporté.

$$\textit{Revenu généré par l'eau} = \frac{\textit{Revenu Brut} - \textit{Charges Totales}}{\textit{Volume d'eau apporté}}$$

Critères d'efficacité du système d'irrigation

En général, le terme efficacité est utilisé pour quantifier la production (extrant) relative pouvant être obtenue d'un facteur (intrant) donné (FAO, 1997). S'agissant de l'utilisation de l'eau d'irrigation, l'efficacité peut être définie de différentes manières.

Efficacité du réseau

D'un point de vue strictement technique, ce que les spécialistes de l'irrigation appellent l'efficacité de l'irrigation est le rapport entre le volume net d'eau distribué sur une exploitation et le volume prélevé dans une source donnée. La différence entre les deux volumes représente les pertes par infiltration et par évaporation subies en cours de route, de la source au champ.

Efficacité de l'arrosage

L'efficacité de l'application sur l'exploitation ou efficacité de l'irrigation au champ se réfère généralement à la fraction du volume d'eau déversé dans une parcelle ou dans un champ, qui est «consommée» par la culture, par rapport au volume distribué.

Efficacité de l'eau utilisée par les cultures

L'indice physiologique, connu sous le nom d'efficacité de l'eau utilisée par les cultures est très différent des critères d'efficacité strictement techniques. Elle est la réciproque de ce que l'on a longtemps appelé le ratio de transpiration, ou rapport entre la quantité d'eau transpirée et la quantité de matière sèche produite (tonne/tonne). L'efficacité de l'eau utilisée par les cultures

peut aussi être mesurée par la production commercialisable obtenue par volume unitaire d'eau.

Rendement agronomique global de l'eau utilisée

Enfin, tous les indices de l'efficacité qui précèdent peuvent être réunis en un seul concept, dit rendement agronomique global de l'eau utilisée, F_{ag}:

$$F_{ag} = \frac{P}{U}$$

P est la production végétale (matière sèche totale ou produit commercialisable, selon le cas)
U est le volume d'eau déversé.
Le rendement agronomique global de l'eau utilisée est exprimé en kg /m³.

2-5 Sources des données

Les données issues des observations réalisées sur le terrain constituent les paramètres utilisés dans la détermination de la rentabilité du système de JPA et de l'arrosage manuel.

Les données sur les prix des intrants proviennent de la boutique d'intrants agricoles AGRIMEX ; les prix du matériel de pompage et de la confection des puits sont donnés par l'ANPIP ; une enquête menée en milieu paysan à permis de déterminer les coûts liés à la construction du réservoir, à l'utilisation et à la maintenance du matériel de pompage ainsi que la location du terrain.

Le prix du système d'irrigation goutte à goutte à été fourni par la société MANOMA.

L'INS a fourni les données concernant les prix de la laitue sur le marché, de 2003 à 2006.

Pour permettre une meilleure comparaison entre les trois systèmes de production, un certain nombre de suppositions ont été faites :

- Dans les trois cas, l'eau d'irrigation est pompée à partir d'un puits de 10m de profondeur maximale et refoulée par une motopompe Honda de 3 CV, pour remplir le réservoir placé à proximité de la parcelle.
- Le coût de la main d'œuvre est de 1000FCFA /j soit 125FCFA /h.
- Le prix de vente de la laitue chez les producteurs est estimé à 70% de la moyenne du prix de vente au marché (source : INS Niger).

⇨ Le budget ci-dessous établit, est basé sur une production de laitue de saison de pluie, du 20 juin au 20 juillet, soit **30 jours** pour une superficie de **500 m²** par système de production (JPA, Arrosoir, Pratique Paysanne).

2-5-1 Coûts de production

Les coûts de production regroupent les coûts d'installation et les coûts de fonctionnement.

2-5-1.1 Coûts d'installation

Les tableaux suivant montrent les différents éléments, considérés comme les charges fixes, entrant dans la détermination des coûts d'installation du JPA, de l'arrosoir et de la pratique paysanne. Dans ce cas - ci, **l'amortissement mensuel** a été considéré.

Tableau 3. *Coûts d'installation de 500m² JPA*

Désignations	**Durée de vie** ***ans***	**Qté**	**Coût Total** ***FCFA***	**Amortissement** ***FCFA/mois***
Installation Goutte à goutte*	7	1	145 500	1 732
Construction du réservoir *	10	1	197348	1 645
Arrosoirs	4	1	4 000	83
Acheminement d'eau (PVC) *	10	1	30 979	258
Petit Matériel	5	1	12 000	200
Pulvérisateur	5	1	50 000	833
Préparation du site*	10	#	5 000	42
Puits	10	1	80 000	667
Moto pompe	7	1	175 000	2 083
Haie	3	120	34 800	967
Total			**734628**	**8 510**

Tableau 4. *Coûts d'installation de 500m² Arrosage manuel*

Désignations	**Durée de vie** ***ans***	**Qté**	**Coût Total** ***FCFA***	**Amortissement** ***FCFA/mois***
Installation Goutte à goutte*	#	0	#	#
Construction du réservoir *	4	1	51 400	1 071
Arrosoirs	4	2	8 000	167
Acheminement d'eau (PVC) *	10	1	30 979	258

Petit Matériel	5	1	12 000	200
Pulvérisateur	5	1	50 000	833
Préparation du site*	10	#	5 250	44
Puits	10	1	80 000	667
Moto pompe	7	1	175 000	2 083
Haie	3	120	34 800	967
Total			**447 429**	**6 289**

* Les coûts de la main d'œuvre sont inclus dans les coûts totaux pour l'installation du kit, la construction du réservoir, la connexion PVC et les travaux de défrichement du terrain.

Remarque : Les coûts d'installation au niveau de la pratique paysanne sont identiques aux coûts d'installation au niveau de l'Arrosoir (Tableau 4).

On constate que les coûts de construction du réservoir dans le cas du goutte à goutte sont nettement plus élevés qu'au niveau de l'arrosage manuel ; cela est dû au volume du réservoir qui est de 4m^3 pour le JPA avec une durée d'amortissement de 10 ans et seulement de 2 m^3 pour l'arrosage manuel puisque l'irrigation se 2 fois /jour (2 m^3 le matin et 2 m^3 le soir) avec une durée d'amortissement de 4 ans.

2-5-1.2 Coûts de fonctionnement

Les coûts de fonctionnement, appelés aussi charges opérationnelles sont les charges directement liées à la culture. Dans ce cas - ci, les charges opérationnelles calculées sont basées sur les 30 jours de production de la laitue.

Tableau 5. *Coûts de fonctionnement 500 m² JPA*

Désignations	**Prix Unitaire** ***FCFA***	**Unité**	**Qté**	**Coûts** ***FCFA***
Semences de laitue	60	gr.	25	1 500
Fumier	8,75	kg	2 000	17 500
Engrais NPK	240	kg	50	12 000
Engrais Urée	260	kg	10	2 600
Pesticide Dimethoate	7	ml	42	294
Paillage	667	m3	9	6 003
Carburant	670	l	15,6	10 452
Maintenance motopompe	2400	CFA	1	2 400
Maintenance haie	400	CFA	1	400

Location terrain	625	CFA	1	625
Main d'œuvre*	125	h.h	147,3	18 413
Total				**72 187**

Tableau 6. *Coûts de fonctionnement 500 m² Arrosoir*

Désignations	**Prix Unitaire** ***FCFA***	**Unité**	**Qté**	**Coûts** ***FCFA***
Semences de laitue	60	gr.	25	1 500
Fumier	8,75	kg	2 000	17 500
Engrais NPK	240	kg	50	12 000
Engrais Urée	260	kg	10	2 600
Pesticide Dimethoate	7	ml	42	294
Paillage	667	m3	9	6 003
Carburant	670	l	15,60	10 452
Maintenance motopompe	2400	CFA	1	2 400
Maintenance haie	400	CFA	1	400
Location terrain	625	CFA	1	625
Main d'œuvre*	125	h.h	330 ,8	41 350
Total				**95 124**

Tableau 7. *Coûts de fonctionnement 500m² Méthode Paysanne*

Désignations	**Prix Unitaire** ***FCFA***	**Unité**	**Qté**	**Coûts** ***FCFA***
Semences de laitue	60	gr.	60	3 600
Fumier	8,75	kg	800	7 000
Engrais NPK	240	kg	0	0
Engrais Urée	260	kg	6,00	1 560
Pesticide Dimethoate	7	ml	42	294
Paillage	667	m3	0	0
Carburant	670	l	23	15 276
Maintenance motopompe	2400	CFA	1	2 400
Maintenance haie	400	CFA	1	400
Location terrain	625	CFA	1	625
Main d'œuvre*	125	h.h	418,8	52 350
Total				**83 505**

*Les coûts de main d'œuvre tiennent compte de la main d'œuvre utilisée dans tous les travaux effectués de la pépinière à la récolte. Le tableau 9 montre les détails de la main d'œuvre utilisée pour les différentes opérations réalisées lors de la production de la laitue pour le JPA, l'Arrosoir et les pratiques paysannes.

Tableau 8. *Main d'œuvre utilisée pour les différentes opérations*

Opérations	**Qté** ***h.h***	**Qté** ***h.h***	**Qté** ***h.h***
Pépinière	21	21	42
Repiquage	34	69	103
Fertilisation	20	22	5
Paillage	9	9	0
Irrigation	11	123,5	177,5
Désherbage-binage	45	79	82
Traitement phyto	0,3	0,3	0,3
Récolte	7	7	9
TOTAL	**147,3**	**330,8**	**418,8**

Coûts de production

Les coûts de production de 500 m² de laitue pour les trois méthodes de production (JPA, Arrosoir, pratique paysanne) sont calculés dans le tableau 10.

Tableau 9. *Coûts de production de 500m² de laitue avec le JPA, l'arrosoir et la pratique paysanne*

	JPA	**Arrosoir**	**Pratiques paysannes**
Couts d'installation ***(FCFA/mois)***	8 822	6 289	6 289
Coûts de fonctionnement ***(FCFA/mois)***	72 187	95 124	83 505
Couts totaux de production ***(FCFA/mois)***	**81 009**	**101 413**	**89 794**

2-6 Méthode d'interprétation statistique des résultats

Les calculs et interprétation statistiques des résultats ont été effectués en utilisant Microsoft Excel et Genstat. La méthode d'analyse statistique adoptée est l'analyse de variance.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Hypothèse de recherche (a)

Selon l'hypothèse de recherche (a), les coûts de production de l'arrosage manuel sont supérieurs à ceux de l'irrigation goutte à goutte du fait de la main d'œuvre importante que requiert l'arrosage manuel.

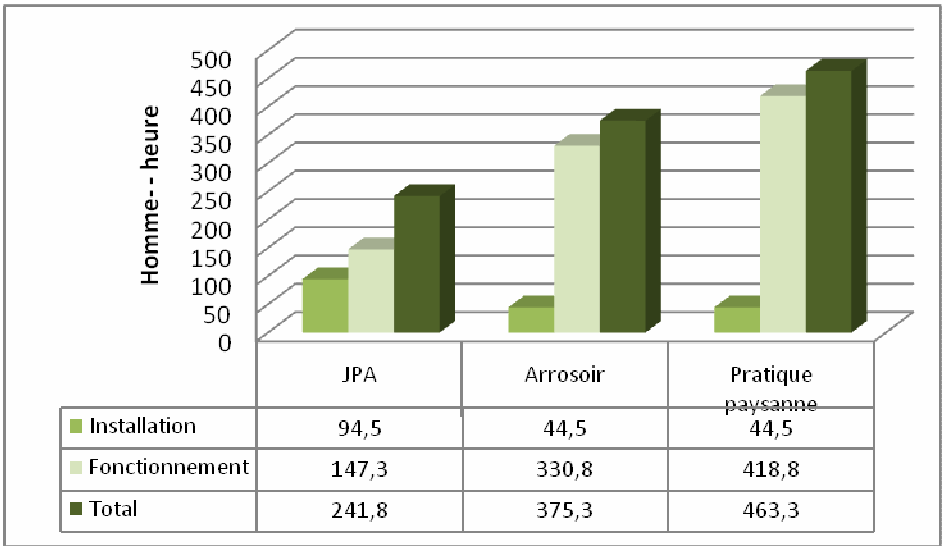
1-1 Main d'œuvre

La figure 20 ci –dessous montre la main d'œuvre totale (exprimée en homme heure : h.h) utilisée dans le système de JPA, de l'arrosoir et dans la pratique paysanne.
Dans le cas du JPA, la main d'œuvre pour l'installation de l'essai est plus élevée (94,5 h.h) que pour l'arrosage manuel et la pratique paysanne (44,5 h.h). Les travaux liés à la construction du réservoir de 4 m3 de volume et à l'installation du système d'irrigation goutte à goutte au niveau du JPA expliquent cette différence.

Cependant, la main d'œuvre utilisée pour les travaux de fonctionnement dans le cas du JPA est faible (147,3 h.h) contrairement à l'Arrosoir qui nécessite 330,8 h.h et 418,8 h.h pour la pratique paysanne.

La méthode par arrosoir et la pratique paysanne nécessitent 2 et 3 fois plus de main d'œuvre pour les travaux de fonctionnement que le JPA.

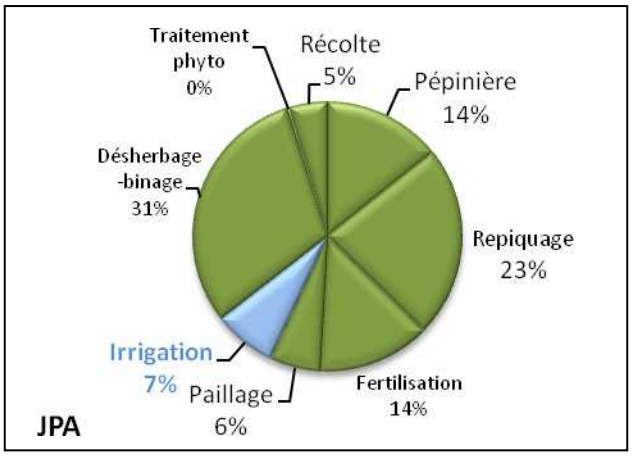
Figure 20. Main d'œuvre totale utilisée

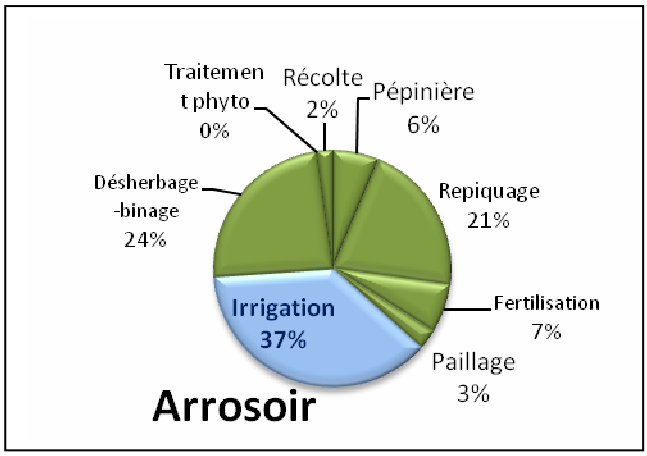


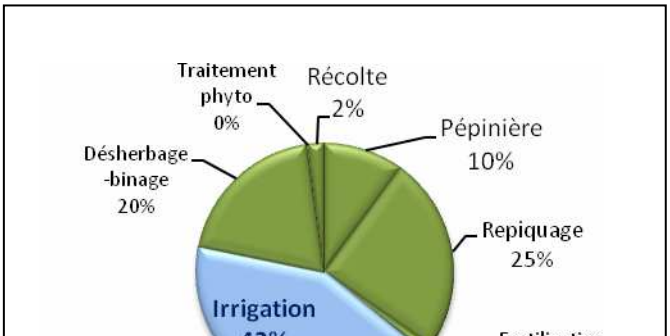
	JPA	Arrosoir	Pratique paysanne
Installation	94,5	44,5	44,5
Fonctionnement	147,3	330,8	418,8
Total	241,8	375,3	463,3

En faisant ressortir la main d'œuvre utilisée pour l'irrigation dans l'ensemble des travaux de fonctionnement, on constate que l'arrosage manuel utilise le plus de main d'œuvre. La Figure 21 montre que 42 % de main d'œuvre utilisée dans la pratique paysanne et 37 % dans le cas de l'arrosoir, sont destinées à l'irrigation contre seulement 7 % dans le cas du goutte à goutte.

Figure 21. *Main d'œuvre consacré à l'irrigation*





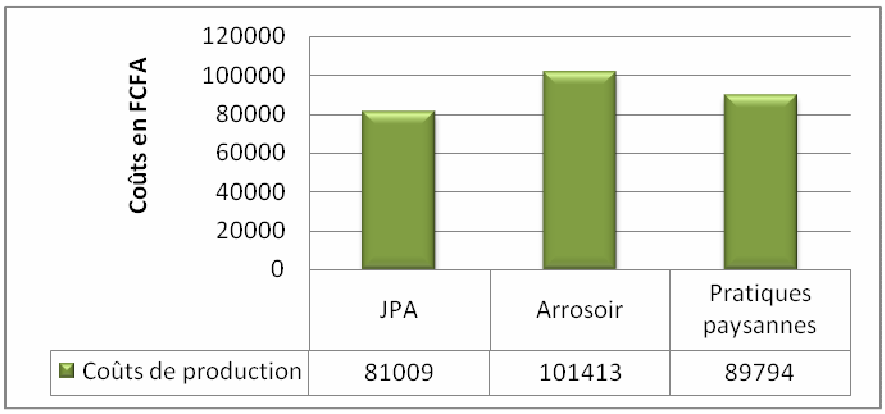


1-2 Coûts de production

La figure 22 montre qu'il n' ya pas une grande différence entre les coûts de production du JPA qui s'élèvent à 81 009 FCFA et la pratique paysanne dont les coûts s'élèvent à 89 794 FCFA. Cependant, la méthode par arrosoir montre les coûts les plus élevés : 101 413 FCFA.

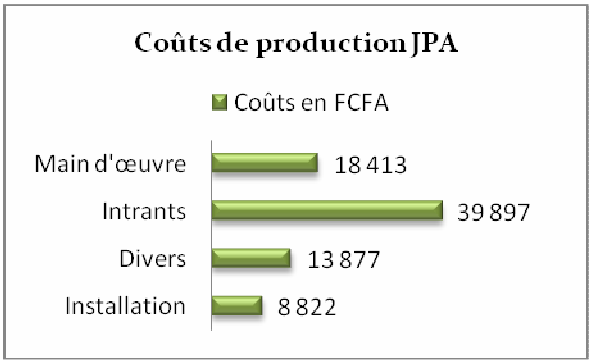
Le tableau 23 montre que dans le cas du JPA, 49% des coûts proviennent des intrants (principalement le fumier et les engrais) et 22% de la main d'œuvre, tandis que pour l'Arrosoir, 39% proviennent des intrants et 49% de la main d'œuvre. Ce qui explique la hausse des coûts de production dans le cas de l'Arrosoir. Pour la pratique paysanne, seulement 13% des coûts sont dus aux intrants, tandis que 58% proviennent de la main d'œuvre

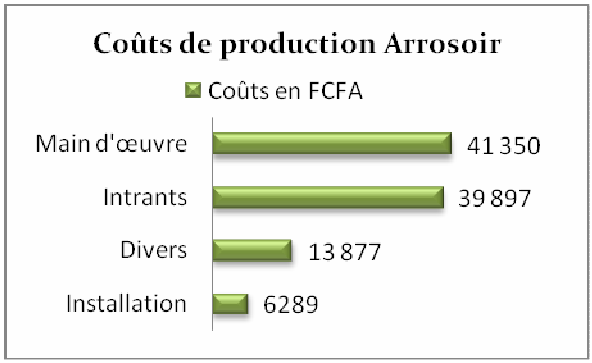
Figure 22. *Coûts de production de la laitue*

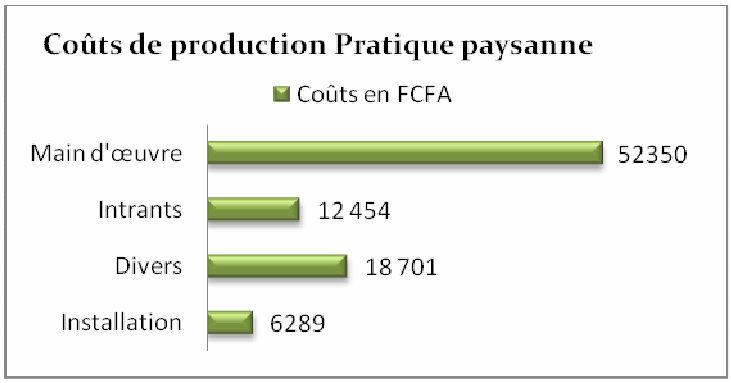


En faisant ressortir les détails importants des coûts de production, on constate une différence entre les coûts de production de chacun des trois systèmes.

Figure 23. Détails des coûts de production







A travers ces résultats, on peut affirmer que les coûts de production de l'arrosage manuel sont supérieurs à ceux de l'irrigation goutte à goutte du fait de la main d'œuvre importante que requiert l'arrosage manuel.

2. Hypothèse de recherche (b)

Selon l'hypothèse (b) l'arrosage manuel favorise la croissance des mauvaises herbes contrairement à l'irrigation goutte à goutte.

2-1 Mauvaises herbes

La collecte de mauvaises herbes, durant les 30 jours qui constituent la période de production de la laitue, à donné un total de poids sec de 1,18 kg pour le JPA, 1,93 kg pour l'Arrosoir et 2,38 kg dans la pratique paysanne (figure 24). Ainsi, malgré la saison de pluie, avec une pluviométrie de 252,9 mm enregistrée de Mai à Juillet sur le site, l'arrosage manuel et la méthode paysanne ont donné 1,5 et 2 fois plus de mauvaises herbes que l'irrigation goutte. Ce qui se répercute sur la main d'œuvre consacrée au désherbage : 45 h.h dans le cas de JPA, 79 h.h pour l'Arrosoir et 82 h.h pour la pratique paysanne (figure 25).

Figure 24. *Poids sec des mauvaises herbes en kg*

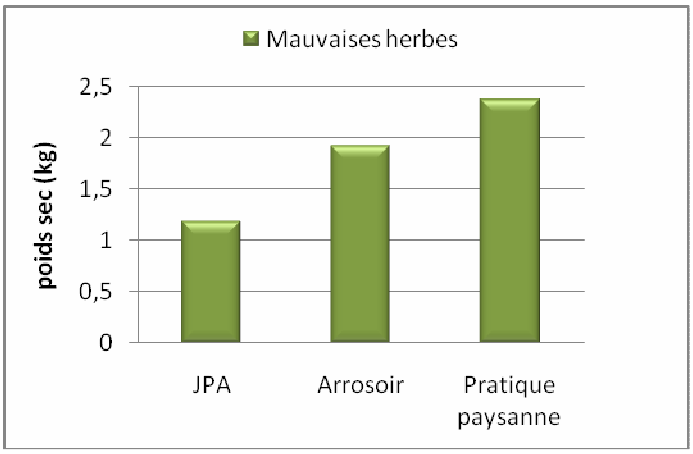
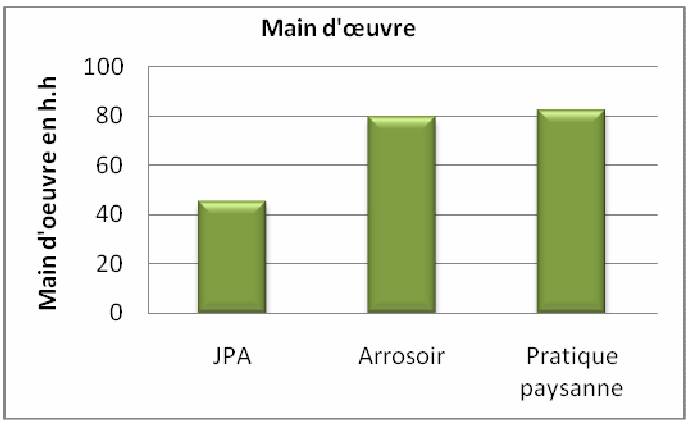


Figure 25. *Main d'œuvre consacrée au désherbage*



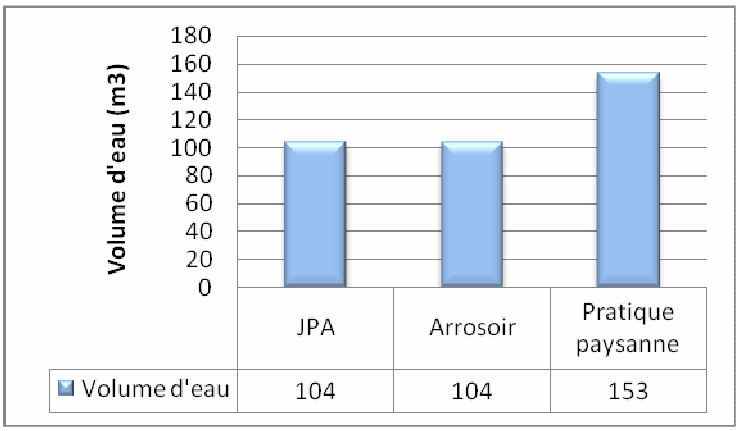
Bien que la technique d'irrigation soit la même pour l'Arrosoir et la pratique paysanne, on constate cependant une différence de 450 g entre le poids sec des mauvaises herbes de l'Arrosoir et celui de la méthode paysanne. Cela peut s'expliquer par la différence dans le volume d'eau appliqué sur chaque parcelle : 104 m³ d'eau sont apportés pour l'Arrosoir et 152 m³ pour la pratique paysanne (figure 26).

D'autre part, malgré que le volume d'eau soit le même pour le goutte à goutte et l'Arrosoir (104m³), il ya eu plus de mauvaises herbes au niveau de l'Arrosoir qu'au niveau du goutte à goutte. Cela est dû au fait qu'avec le goutte à goutte, la distribution de l'eau se fait en bandes localisées au niveau de la zone radiculaire du sol. Ainsi, la fraction du sol non exploitée par les racines est maintenue sèche à la surface, sauf en cas de pluie.

Ce qui montre l''effet négatif de l'irrigation goutte à goutte sur le développement des mauvaises herbes malgré la saison de pluie.

Ainsi, on peut affirmer que l'arrosage manuel favorise la croissance de mauvaises herbes contrairement à l'irrigation goutte à goutte.

Figure 26 .*Volume d'eau apporté par système de production*



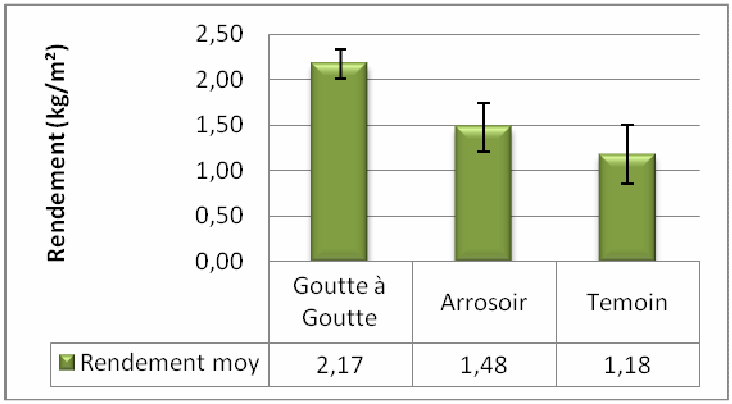
3. Hypothèse de recherche (c)

D'après l'hypothèse (c), L'irrigation goutte à goutte, associée à la fertigation, assure une augmentation du rendement et une amélioration de la qualité des produits.

3-1 Rendement

Les rendements moyens (en kg/m²) de la production de laitue, en faisant ressortir l'erreur autour de la moyenne (l'écart-type), suivant les trois traitements (JPA, Arrosoir et pratique paysanne) sont donnés dans la figure 27. Les résultats semblent montrer que le JPA a le rendement moyen le plus élevé (2,17kg/m²), suivit de l'Arrosoir (1 ,48 kg/m²) et la pratique paysanne (1,18kg/m²). Cependant, la variation autour de la moyenne, indiquée par les barres d'erreur, nécessite une analyse de variance pour une meilleure interprétation des résultats.

Figure 27 . *Rendements moyens de la production de laitue suivant les trois traitements (JPA, Arrosoir, Pratique paysanne)*



L'analyse de variance des résultats parcellaires a montré une différence hautement significative entre les traitements. L'application du test de la plus petite différence significative (ppds) à

révélé que le goutte à goutte induit le meilleur rendement, suivi de l'arrosoir et la pratique paysanne. Ainsi, malgré que le volume d'eau, la fumure de fond et d'entretien, la densité de plantation et les techniques d'entretien soient identiques entre le JPA et l'Arrosoir, la différence de rendement est hautement significative entre les deux traitements.

Cette différence est due principalement à la technique d'irrigation goutte à goutte et la fertigation. Pour la pratique paysanne, bien que la densité de plantation soient 2 fois plus élevée que dans le cas du JPA et de l'Arrosoir, et le volume d'eau 1 ,5 fois plus élevé que dans le cas du JPA et de l'Arrosoir, le rendement reste néanmoins faible. Ce qui montre l'intérêt d'une fertilisation convenable et des techniques culturales appropriées pour une meilleure production.

3-2 Qualité du produit

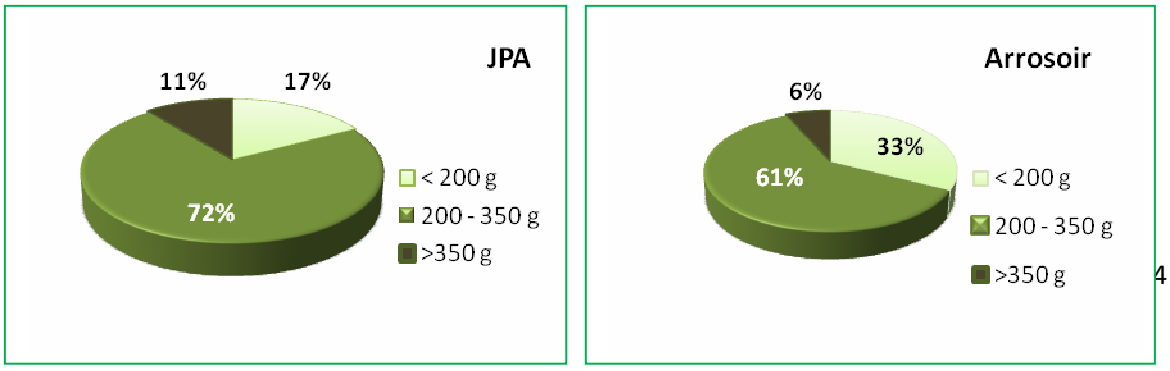
Etant donné qu'au cours de la production il n'ya pas eu d'attaque de ravageurs, ni de maladies physiologiques pouvant affecter la qualité de la laitue, la détermination de la qualité s'est basée sur le poids de la pomme. Le traitement présentant un pourcentage élevé en pommes de bonne qualité est considéré comme le traitement le plus performant. Le tableau ci-dessous présente les données en pourcentage de la proportion des laitues en fonction des critères de poids fixés.

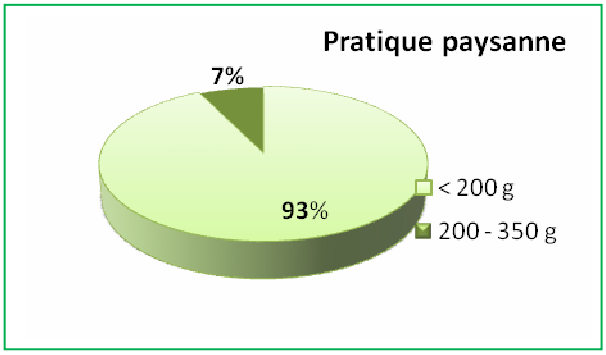
Tableau 10. *Classification du poids de laitue suivant les normes de qualité fixés*

Poids (g)	JPA %	Arrosoir %	Pratique paysanne %
< 200 g	17,11	32,62	92,66
200 - 350 g	72,11	60,81	7,3
>350 g	10,78	6,57	0

La répartition des pourcentages en différents secteurs permet de faire ressortir la proportion la plus importante par traitement (figure 28).

Figure 28. *Répartition en % de la qualité de laitue suivant les traitements*





Malgré les conditions climatiques défavorables, les résultats montrent que dans le cas du JPA, la production est de bonne qualité : 72% des laitues ont un poids compris entre 200 et 350g contre 61% dans le cas de l'arrosoir et 7% pour la pratique paysanne.

Ainsi, l'irrigation goutte à goutte associée à la technique culturale améliorée a donné le rendement le plus élevé et les pommes de meilleure qualité.

4. Rentabilité économique

4-1 Revenu Brut

Le revenu brut généré par la production de 500 m² de laitue au niveau de chaque traitement, est donné dans le tableau 13. Les résultats montrent que le JPA induit le plus grand revenu (464 380 FCFA) suivit par l'Arrosoir (316 720 FCFA) et la pratique paysanne (271 780 FCFA).

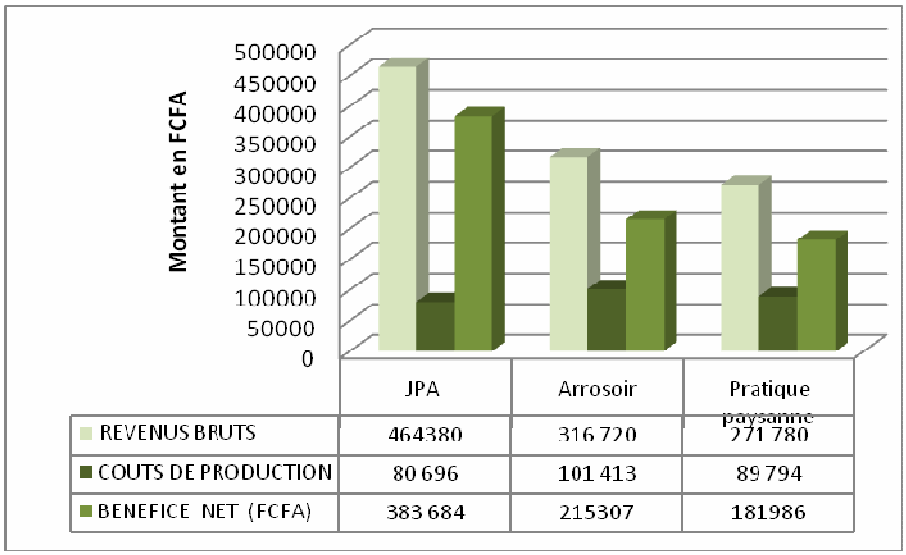
Tableau 11. Revenu Brut JPA, Arrosoir et pratique paysanne

	JPA	Arrosoir	Pratique paysanne
Rendement total ***kg/500m²***	1 085	740	635
Prix unitaire ***FCFA/kg***	428	428	428
Revenu Brut ***FCFA***	**464 380**	**316 720**	**271 780**

4-2 Bénéfice Net

Les résultats montrent que le bénéfice net généré par le JPA est élevé (383 684FCFA) et équivaux à 1,6 fois celui de l'Arrosoir (215 307) et 2 fois celui de la pratique paysanne (181 986FCFA) (voir figure 29).

Figure 29. *Bénéfice Net JPA, Arrosoir, pratique paysanne*



.

4-3 Bénéfice généré par la main d'œuvre, par la terre et par l'eau

Le bénéfice généré par la main d'œuvre, par la terre et par l'eau représente l'efficacité de l'utilisation de la main d'œuvre, de la terre et de l'eau dans la production de la laitue.

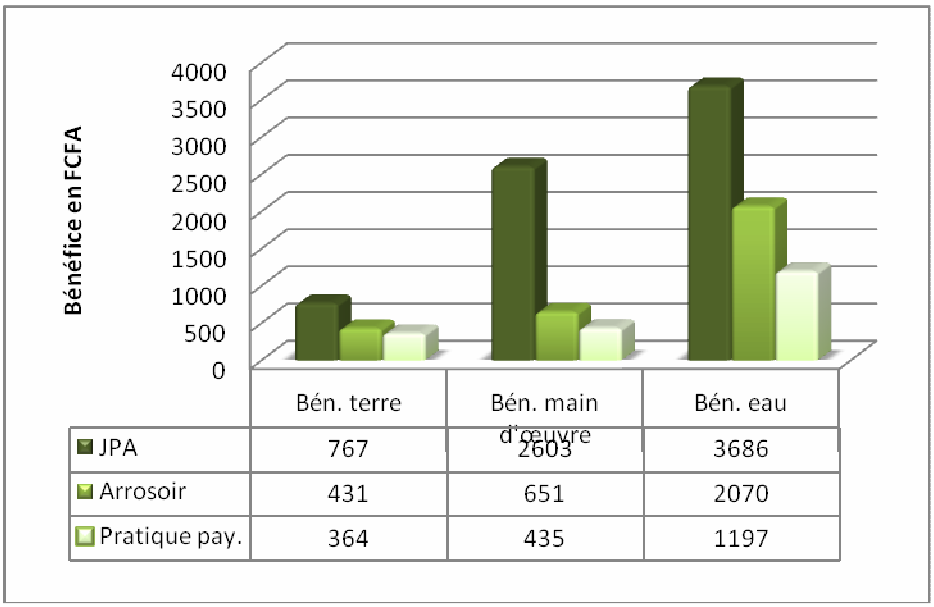
La figure 30 montre que l'utilisation la plus efficace de la main d'œuvre est observée au niveau du JPA où chaque main d'œuvre rapporte 2603 FCFA contre 651 FCFA dans le cas de l'Arrosoir et 435FCFA pour la pratique paysanne.

On constate aussi que le bénéfice généré par 1 m^2 de terre est significativement plus élevé dans le cas du JPA avec 767 FCFA soit 1,7 fois celui de l'arrosoir et 2 fois celui de la pratique paysanne.

Le bénéfice net d'1 m^3 d'eau est plus élevé au niveau du JPA, soit 1,8 fois celui de l'arrosoir et 3 fois celui de la pratique paysanne.

Ces résultats démontrent ainsi l'efficacité du JPA en termes d'utilisation de la main d'œuvre, de la terre et de l'eau.

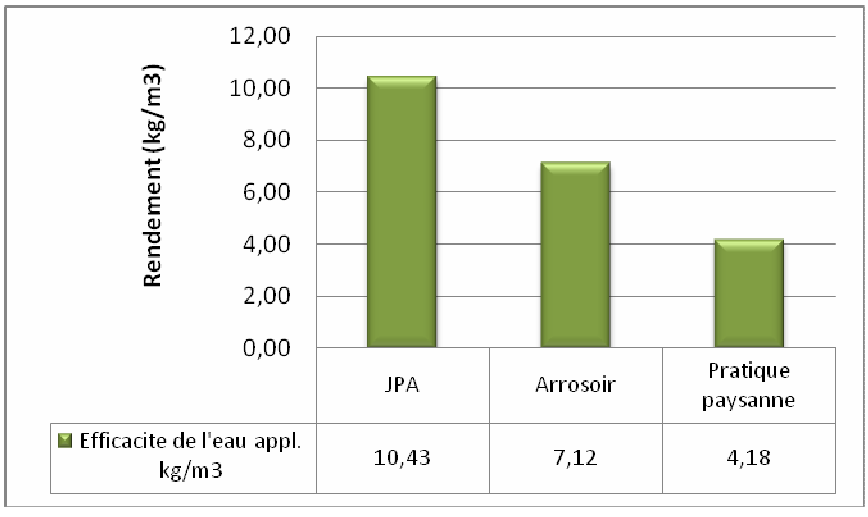
Figure *30. Bénéfice généré par la terre, par la main d'œuvre, et par l'eau*



5. Rendement agronomique global de l'eau utilisée

Le rendement agronomique global de l'eau utilisée traduit l'efficacité de l'eau appliquée. Les résultats montrent que le rendement le plus élevé est obtenu dans le cas du JPA, avec 10,43 Kg/m³ soit 1,5 fois plus élevé que celui de l'arrosoir et 2,5 fois celui de la pratique paysanne.

Figure 31 . *Rendement agronomique global de l'eau utilisée*



IV. CONCLUSION

L'évaluation des performances agronomiques du système de JPA et de l'arrosage manuel sur la production de la laitue, à permis de démontrer que le rendement au niveau du JPA est le double de la pratique paysanne malgré la forte densité de plantation et le volume d'eau important utilisé dans la pratique paysanne.

Mais encore, à égales densités de plantation, ainsi qu'à égal volume d'eau et dose d'engrais, il a été démontré que le rendement est plus élevé (1,5 fois) dans le cas de l'irrigation goutte à goutte que de l'arrosage manuel. Cela démontre l'efficacité du système d'irrigation goutte à goutte par rapport à l'arrosage manuel.

Concernant la qualité des produits, les résultats ont montré que les laitues produites dans le JPA sont de bonne qualité, contrairement à la pratique paysanne.

D'autre part, malgré la saison de pluie, il ya eu moins de mauvaises herbes dans le JPA qu'au niveau de l'irrigation par arrosoir.

Toutefois, pour permettre d'augmenter la précision des données sur les performances du JPA et de l'arrosage manuel, il est nécessaire de continuer cette étude sur plusieurs espèces maraichères et cela pendant plusieurs saisons de production couvrant une année au moins.

Sur le plan économique, il a été démontré que la marge bénéficiaire d'un 500 m² de laitue dans le système de JPA est environ le double de la marge bénéficiaire obtenue en pratiquant l'arrosage manuel, cela du fait des faibles coûts de fonctionnement du JPA et du revenu élevé

qu'il génère. Cette baisse des coûts de fonctionnement est due à l'économie en main d'œuvre pour la plantation, le désherbage, mais particulièrement, pour l'irrigation qui assure une économie de plus de 90%.

Néanmoins, malgré la grande rentabilité du système de JPA, force est de constater que son établissement nécessite un investissement important (environ 2 fois plus que dans le cas de l'arrosage manuel) du fait des coûts additionnels dus au kit d'irrigation goutte à goutte et à la construction du réservoir. Or dans les pays pauvres, les coûts d'installation élevés constituent une contrainte importante à l'adoption d'une technologie.

Aussi pour éviter que l'utilisation du JPA ne se limite qu'aux riches producteurs ayant les moyens de s'en procurer, il est nécessaire que les décideurs politiques et les institutions qui visent le développement de l'agriculture irriguée et l'amélioration du niveau de vie des producteurs, facilitent l'accès aux crédits agricoles et favorisent les subventions pour permettre la diffusion à grande échelle du système JPA.

REFFERENCES BIBLIOGRAPHIES

1. AGROIND, (2002). Diagnostic stratégique de Filières Agro Industrielles. (Consulté le 26 juin 2008) Adresse URL :

   http://www.proinvest-eu.org/files/files/AGROIND/html_fr/niger.html

2. CHEGOU, Maman, 2002 : *Etude sur la monographie de l'horticulture au Niger*, mars 2002.

3. CHIGERWE, 2003: *Technical evaluation drip kits Zimbabwe.* Master Science thesis, 67p.

4. DRECHSEL, P., GRAEFE, S., SONOU, M., and COFIE, O., 2006: An overview. Informal irrigation in urban West Africa. Colombo, Sri Lanka International Water Management Institute. (IWMI Research Report 102) 40.p.
   http://www.iwmi.cgiar.org/pubs/pub102/RR102.pdf

5. ELATIR, (2006) : La Conduite et le Pilotage de L'Irrigation Goutte à Goutte en Maraîchage Published by Webmaster on 24/12/2006, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

6. FAO, 1990 : *Méthodes d'irrigation*, Manuel de formation No 5. Gestion des eaux en Irrigation, 65p.

7. FAO, 1997 : *la petite irrigation dans les zone arides : principes et option,* Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau / Chapitre 3

8. FAO, 1998 : Les *aménagements hydro-agricoles en Afrique : situation actuelle et perspectives.* Rapport sur l'eau No 5, 333 p.

9. FAO/PAM ,2004 : *Rapport spécial au Niger - 21 décembre 2004*. (Consulté le 12 Juillet 2008). Adresse URL : http://www.fao.org/docrep/007/j3969f/j3969f00.htm

10. FAO, 2005. *Irrigation in Africa in figures*: AQUASTAT Enquête-2005 (Consulté le 12 Juillet 2008). Adresse URL :http://www.fao.org/ag/aGL/aglw/aquastat/regions/africa/print1.stm

11. GAB Isère, (1998) : Fiches techniques ADAB

12. FCM-NIYA, (2005) : *Fiches techniques sur les cultures maraichères*. Projet de Sécurisation de l'Elevage et de l'Agriculture péri -urbaine de Niamey.

13. GRAB, 1998 : Les *salades d'automne-hiver sous abri froid : conduite en agriculture biologique,* fiche technique, 4 pages.

14. GRAEFE Sophie, (2004): A survey on urban and peri-urban agriculture in Niamey, Niger. August 2004

15. I.A.V, (2002) : La culture de laitue**.** (Consulté le 24 juin 2008).Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat, Maroc Adresse URL : http://www.vulgarisation.net/bul103.htm

16. IPALAC, 2001 : *Le jardin Potager Africain*, Manuel d'utilisation, 2001, 60 pages.

17. ICRISAT, 2003 : Rapport *Final sur l exécution du Projet Promotion du jardin Potager Africain, Niamey*, mai 2003 ,45 pages

18. KELLER, J.and KELLER Andrew, 2005: Mini-Irrigation Technologies for Smallholders. *Proceeding of the World Water and Environmental Resources Congress.* Anchorage Alaska May 2005.

19. KUMAR, M.D., SAMAD, M. AMARASINGHE, U.AND SINGH, O. P., 2005: *Water saving and yield enhancing technologies*: *How far can they contribute to water productivity enhancement in Indian Agriculture*? http://nrlp.iwmi.org/

20. LUSAKA N., 1999: *Bucket Kits in Kenya*. Bucket Kit News*,* Chapin Living Waters Foundation Unpublished report. Nairobi, Kenya.

21. MAHAMADOU OUMAROU, Adamou. 2005 : *Diffusion des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte dans la zone périurbaine de Niamey et dans la région de Dosso au Niger*, Mémoire de Fin de Cycle, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée IPR/IFRA de Katibougou, 47p.

22. M'BAYE, B. et COULIBALY**,** D., 2008: *Evaluation* de l'Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² du Concombre au Sahel, cas du cercle de San

23. MDA, (2002) : Stratégie Nationale pour le développement de l irrigation et la collecte des eaux de ruissellement.

24. NADOU Paul Sanogo, 2006 : *les cultures maraichères*, support de cours IPR/IFRA de Katibougou, 47p.

25. NARAYANAMOORTHY, A. 1997: *Beneficial impact of drip irrigation*: A study based on Western India. Water Resources Journal, 195:17-25.

26. NGIGI, S.N., THOME, J.N., WAWERU, D.W., BLANK, H.G., 2001: *Low-cost irrigation for poverty reduction;* an evaluation of low-head drip irrigation technologies in Kenya. In International Water Management Institute IWMI. Annual report 2000-2001. Colombo, Sri Lanka: IWMI. pp.23-29.
http://www.iwmi.org13.

27. ODET J. ,1989 : Mémento *: fertilisation des cultures légumières*, éditions CTIFL, 400 pages.

28. PASTERNAK, D., BUSTAN, A., 2003: *The African Market Garden*. In, Encyclopaedia of Water Science. B.A. Stewart and T. Howell (eds). Marcel Dekker Inc. NY. p. 9-15

29. PASTERNAK, D., NIKIEMA, A., SENBETO, D., DOUGBEDJI, F., WOLTERING, L., 2006: *Intensification and Improvement of Market Gardening in the Sudano-Sahel Region of Africa*. Chronica Horticulturae, Vol. 46, Number 4, December 2006. ISHS

30. PLAN QUINQUENAL, (1987-1991): Determination of the bioclimatic aridity of seven localities in province of Tillabéry (South Western part of Niger) and their distribution into bioclimatic zones. Revues Science et changements planétaires/ Sécheresse. (Consulté le 22 Juin 2008). Adresse URL :
www.jle.com/en/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/0E/ED/article.phtml

31. SIJALI, I.V., 2001: *Drip Irrigation: Options for smallholder farmers in eastern and southern Africa.* Technical Handbook No. 24. Published by Regional Land Management Unit, RELMA/Sida. Nairobi Kenya.

32. SIVAKUMAR et ABDOUSSALAM, (1994). Observation agro météorologiques Titre : Le travail du sol pour une agriculture durable Fao Chapitre 3

33. TAYLOR-KALE, L., 2003: Socio-*economic issues facing the Niger African Market Garden Project.* Final report for ICRISAT/Niamey. Woodrow Wilson School of Public administration and International Affairs, Princeton University, US, 24p.

34. THAMBAN, C, MATHEW, A.C., SAIRAM, C.V.: 2004. *Field level performance of micro-irrigation system in Kasaragod district- a critical analysis.* Final report research project proposal no. 197/99. Central Plantation Crops Research Institute. Kasaragod 671 124, Kerala, India

35. VAN LEEUWEN, N.H, 2002: Affordable drip in Africa and role of private sector.

36. WOLTERING, L. , (2007). Monitoring the performance of the African Market Garden in Burkina Faso and Ghana : *Results from the field AMG project Burkina Faso and Ghana USAID/WA 2005-2007* ,ICRISAT

37. WOLTERING, L., NDJEUNGA, J. AND PASTERNAK, D.(2008): The Economics of the African Market Garden , Results from a case study in Niger .March 2008

38. WINROCK, 2000: *Proceedings of Low –Head Drip Irrigation Review Workshop.* 17-18 February, 2000, Nairobi, Kenya